Universität zu Köln

Musikwissenschaftliches Institut

Die Gänsehaut-Reaktion, emotionales Erleben und Musik: Einblicke in die interdisziplinäre Erforschung eines durch Musik evozierten rätselhaften Phänomens

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades eingereicht an der Philosophischen Fakultät

der Universität zu Köln

von Pingli Wang

Köln, Germany, September, 2023

Erstgutachter: Prof. Dr. Uwe Seifert

Zweitgutachter: Prof. Dr. Frank Hentschel

Drittgutachterin: Prof. Dr. Anna Bonifazi

Vorwort

Heute hat es in Köln den ganzen Tag geregnet. Ich stand am Fenster und hörte still das sanfte Prasseln des Regens. Mein Herz war voller gemischter Gefühle.

Ich erinnere mich immer noch genau an jenes Jahr, als ich in einem Konzertsaal saß und das Elgar Cello Concerto in E-Moll, op. 85, auf der Bühne gespielt wurde. Ich hatte zuvor Du Prés Interpretation dieses Stücks in einem Video gehört und war damals tief beeindruckt. Die Künstlerin mag zwar verstorben sein, doch die Musik bleibt ewig. An jenem Tag hörte ich das Stück live im Konzertsaal und vergaß alles, was an diesem Tag geschehen war. Aber ich erinnere mich bis heute an meine Gefühle an jenem Tag. Als der Cellist das Solo begann, hatte ich Gänsehaut-Reaktion, begleitet von Rührung und ich saß da und mir kamen die Tränen. Als ich bemerkte, dass ich weinte, fiel mir auf, dass um mich herum nur Zuhörer waren und abgesehen von der Musik war alles vollkommen still. Ich traute mich nicht einmal, meine Nase zu schnäuzen, aus Angst, diesen großartigen und wundervollen Moment zu stören.

Das war wirklich ein besonderer Moment! Die Musik ließ mich die Existenz dieses Augenblicks spüren und hielt mich zum Nachdenken an: Warum reagierte ich so stark mit Gänsehaut? Genau das ist auch das Ziel meiner Doktorarbeit – ich möchte dieses Phänomen aus wissenschaftlicher Sicht betrachten. Die Wahl dieser Forschung ist keine leichte Aufgabe, insbesondere wenn es darum geht, subjektive Phänomene mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren und den Herausforderungen verschiedener interdisziplinärer Felder zu begegnen. Das macht die Studie umso schwieriger. Während meines Doktorats habe ich auch die Zeit der Covid-19-Pandemie durchlebt und ich konnte meine Eltern lange Zeit nicht sehen und hatte weniger Kontakt zur Außenwelt. Gleichzeitig hatte ich mehr Zeit für mich allein und hörte oft meine Lieblingsmusik – je nach Stimmung konzentrierte ich mich auf die Technik oder auf die Songtexte. Die Musik berührte mich oft und brachte mir Freude, aber ich fragte mich auch oft, warum das so war. Es ist ein Luxus und ein Glück, meiner Neugier nachzugehen und Wissen zu erlangen.

Ich möchte Herrn Prof. Dr. Uwe Seifert herzlich danken. Seitdem ich in Deutschland mein Masterstudium begonnen habe, hat er mich stets geduldig unterrichtet und unterstützt. Angesichts meines chinesischen Hintergrunds bin ich mir sicher, dass er sich besonders bemüht hat, meine Fragen zu verstehen und das rührt mich zutiefst. Ich möchte auch meinen Eltern für ihre Liebe und Unterstützung danken, sowie ein paar Freunden von mir, insbesondere Dir, Alex, und Peggi. Sie geben mir oft Anerkennung und Ermutigung.

Meiner verstorbenen Großmutter möchte ich auch danken. Als sie noch lebte, habe ich ihr nie meine Dankbarkeit ausgesprochen. Seit ihrem Tod denke ich oft an sie, aber es ist mir nicht möglich, meine Dankbarkeit zu sagen. Das Leben ist voller Höhen und Tiefen, erfüllt von Liebe und Tränen der Trennung. Von der Familie bis zu Freunden lerne ich heute noch aus ihren Lehren: Wertschätzung ist von entscheidender Bedeutung.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 3

1 Einleitung 5

2 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion: Forschungshintergrund 11

2.1 Biologische Merkmale der Gänsehaut-Reaktion 12

2.1.1 Gänsehaut beim Tier 12

2.1.2 Kältereiz und die Gänsehaut-Reaktion beim Menschen 13

2.1.3 Andere Auslöser einer Gänsehaut-Reaktion beim Menschen 14

2.1.4 Muskelanspannung 15

2.1.5 Neuroendokrinologische, -physiologische und -modulatorische Grundlagen der Gänsehaut-Reaktion: Das vegetative Nervensystem 16

2.1.6 Die Gänsehaut-Reaktion auf Musik 16

2.2 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion: Der Beitrag der Evolution 18

2.2.1 Tinbergens vier Fragen 19

2.2.2 Evolution und die genetische Perspektive 22

2.2.2.1 Natürliche und sexuelle Selektion 22

2.2.2.2 Die genetische Perspektive 26

2.3 Über den Kontext einiger psychologischer Forschungen 35

2.3.1 Behavioristische Überlegungen 35

2.3.2 Vergleich zwischen Verhalten und Emotion 39

2.3.3 Behaviorismus und Kognitive Psychologie 42

2.4 Die Gänsehaut-Reaktion beim Musikhören: Zusätzlicher Forschungshintergrund 44

2.4.1 Einige philosophische Überlegungen 44

2.4.2 Spiegelneuronen, soziale Kognition und theory of mind 49

2.4.3 Empathie 51

2.4.4 Michael Tomasello und die dual inheritance theory 53

3 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als Produkt der sozialen Interaktion und des emotionalen Ausdrucks 58

3.1 Schwierige Punkte über den Ursprung der Musik 59

3.2 Musik und Emotion: Zum Verhältnis von kulturellen, akustischen und biologischen Faktoren 63

3.2.1 Rhythmusforschung: Synchronisation, Werkzeuggebrauch und Soziabilität 71

3.2.2 Die Hypothese der sexuellen Selektion 80

3.2.3 Soziabilität: protomusikalisches Verhalten, soziale Bindung und Trennungs-Angst-System 82

3.3 Einige weiterführende Überlegungen: Adaptation, biokulturelle Evolution, Musilanguage und Musik als Sprandel, Käsekuchen, technologische Innovation und dynamisches System 89

4 Die Musikwahrnehmung im Sinne einer Gänsehaut-Reaktion 96

5 Musik und Emotion: Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion und Neurophysiologie 109

5.1 Schwierigkeiten der Emotionsforschung 110

5.2 Zum Problem der Definition von Emotionen 116

5.3 Von Basic Emotions zu Core Emotions 126

5.4 Musik evoziert Emotionen 131

5.5 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als ein Indikator für starke Emotionen 135

5.6 Die Gänsehaut-Reaktion auf Musik und Erwartung 140

5.7 Über die Neurophysiologie der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion 144

6 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als positive Emotion 158

6.1 Traurige Musik weckt nicht unbedingt traurige Gefühle 160

6.2 Inspiration durch positive Emotion 173

7 Fazit sowie Schwierigkeiten, Herausforderungen und zukünftige Perspektiven der Erforschung von Gänsehaut-Reaktionen auf Musik 179

7.1 Fazit 179

7.2 Schwierigkeiten und Herausforderungen der Erforschung von Gänsehaut-Reaktionen auf Musik 180

7.2.1 Definitionsschwierigkeiten und methodische Herausforderungen in der Emotionsforschung 180

7.2.2 Einige weitere Herausforderungen: Bewusstseinsforschung und Tierforschungen zur Gänsehaut-Reaktion auf Musik 181

7.2.3 Einige Überlegungen für die zukünftige Forschung 185

Literatur 189

Abkürzungsverzeichnis 217

1 Einleitung

Viele Menschen haben oft eine Gänsehaut-Reaktion, wenn sie Musik hören – ähnlich wie wenn wir plötzlich in eine kalte oder heiße Umgebung geraten. Darüber hinaus tritt dieses Phänomen auch beim Anschauen von Horrorfilmen oder plötzlichen beängstigenden Szenen auf. Selbst das Erinnern an Situationen, in denen wir uns geschnitten haben und Blut floss, kann eine Gänsehaut-Reaktion auslösen. Gänsehaut ist eine sehr häufige physiologische Reaktion in unserem Leben, die scheinbar selbstverständlich ist und anscheinend aus unserem biologischen Instinkt stammt. Wenn wir jedoch aus wissenschaftlicher Sicht fragen, warum bestimmte Musik bei uns eine Gänsehaut hervorruft, sind uns die genauen Ursachen und Mechanismen nicht klar. In Anbetracht der engen Verbindung zwischen Musik und Emotionen ist Gänsehaut als eine Reaktion auf Musik ein interessantes Thema. Es spielt eine bedeutende Rolle bei der Erforschung der menschlichen Emotionen und der Auswirkungen von Musik auf die Emotionen.

Die Erforschung der Beziehung zwischen Musik und Emotion ist ein äußerst umfangreiches Gebiet. Als ich mich dafür entschied das Phänomen der Gänsehaut-Reaktion beim Musikhören als Forschungsthema zu wählen, bemerkte ich einige konsistente Ansichten. Zum Beispiel wird anerkannt, dass die Gänsehaut eine physiologische Reaktion ist und dass die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, eine evolutionäre Hinterlassenschaft ist. Sie gilt auch als ein Anzeichen für eine starke Emotion. Obwohl diese Ansichten weitgehend übereinstimmen, wurden sie bisher eher unzusammenhängend dargestellt, was mich dazu veranlasste, diese wichtigen Aspekte zu integrieren und die theoretischen Hintergründe weiter zu erforschen. Deshalb wird diese Dissertation, aufbauend auf meiner Masterarbeit, dieses physiologische Phänomen weiter untersuchen, wobei der Schwerpunkt auf der psychologischen und neurowissenschaftlichen Analyse liegt.

Durch eine eingehende Untersuchung hoffe ich, neue Erkenntnisse zur Komplexität menschlicher Emotionen zu liefern. Die Beziehung zwischen Musik und Emotion hat eine große Bedeutung und die Gänsehaut-Reaktion als bedeutendes physiologisches Phänomen bietet eine faszinierende Perspektive, um menschliche Emotionen und psychische Prozesse besser zu verstehen. In der Dissertation führe ich frühere Forschungsergebnisse zusammen und untersuche insbesondere die psychologischen Mechanismen und die neurologischen Grundlagen der Gänsehaut-Reaktion. Zudem integriere und analysiere ich bestehende Theorien, um eine umfassendere und systematischere Erklärung zu präsentieren. Ziel dieser Studie ist es, neue Einblicke in die Komplexität menschlicher Emotionen zu geben, die sich durch das Verständnis dieses physiologischen und psychologischen Phänomens erschließen lassen.

Diese Dissertation beginnt mit einer Einführung in den theoretischen Forschungshintergrund der Gänsehaut-Reaktion. Es werden die Ansichten von Darwin (1859, 1871, 1872) sowie Tinbergens „*Four questions*“ (1963) behandelt und verschiedene Bereiche wie Neurowissenschaften (Kognitive Neurowissenschaften), Psychologie (Kognitive Psychologie, Behaviorismus, evolutionäre Psychologie, vergleichende Entwicklungspsychologie) und Philosophie (Philosophie des Geistes, Funktionalismus) beleuchtet. Die Vorstellung dieser vielfältigen Wissensbereiche ermöglicht eine umfassende Perspektive, um

die Gänsehaut-Reaktion bei Tier und Menschen zu untersuchen und die Bedeutung von Anpassungen und Evolution besser zu verstehen. Des Weiteren wird auf Michael Tomasellos Forschungen im Rahmen der *dual-inheritance theory* eingegangen, Nach der *dual-inheritance theory* umfassen die Ursprünge des menschlichen Verhaltens und der Kognition sowohl die genetische als auch die kulturelle Vererbung. Bei der Untersuchung der Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, kann es sinnvoll sein, zu prüfen, ob diese Reaktion schon früh in der menschlichen Evolution vorhanden war und wie sie durch eine Kombination von Genen und Kultur beeinflusst wurde.

Um die Frage zu beantworten, warum es die durch Musik ausgelöste Gänsehaut-Reaktion in fast allen Kulturen gibt, werden Positionen zum Ursprung von Musik besprochen, Diese Positionen konzentrieren sich mehr auf die evolutionäre Musikologie und diskutieren die evolutionären Perspektiven auf die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, sowie andere zum Teil ähnliche Ansichten. Neben der Erforschung des Ursprungs von Musik sowie der Musikalität wird weiterhin die soziale Funktion von Musik erkundet. Um solche Phänomene zu erforschen, ist es zunächst wichtig, die biologischen Voraussetzungen zu berücksichtigen und die biologischen Grundlagen solcher körperlichen Reaktionen zu verstehen. Insbesondere wird Bezug genommen auf Tecumseh Fitchs Artikel „*Four principles of bio-musicology“* (2015), der das Konzept und die Forschungsrichtung der biologischen Musikalität definiert. Sein Forschungsansatz zur Musikalität basiert hauptsächlich auf der vergleichenden Methodik und untersucht den Ursprung von Musikalität eingehender (cf. auch Honing, 2018A; 2018B; Honing et al., 2015). Sandra Trehubs Untersuchungen zur Bindung zwischen Mutter und Kind betonen die soziale Funktion von Musik. Insbesondere die Ansichten von Isabelle Peretz und Jaak Panksepp zu dieser Forschung kombinieren evolutionäre Musikologie und musikalische Biologie. Panksepp (1995, 2003) erläutert mit seinem Konzept des Trennungs-Angst-Systems die Bedeutung der Mutter-Kinder-Beziehung für die soziale Bindung.

Obwohl die Adaptationstheorie die vorherrschende Meinung darstellt, bleiben viele Wissenschaftler in der Musikforschung skeptisch gegenüber diesem adaptiven Ansatz. Zum Beispiel betrachtet Steven Pinker (1997) Musik als eine „Erfindung“, die aus evolutionärer Sicht einem akustischen „cheese cake“ ähnele – eine angenehme kulturelle Erfindung, die jedoch keine biologische Bedeutung habe. Daniel J. Levitin und Kollegen (2018) betonen, dass Musik nicht aus nur einem bestimmten Grund evolutionär entstanden sei, sondern durch mehrere Faktoren vorangetrieben wurde. Viele körperliche Reaktionen hätten keinen Anpassungswert, sondern seien einfach zufällig.

Durch den Vergleich mit anderen Tierarten können wir feststellen, welche musikalischen Fähigkeiten Menschen besitzen, die Tieren fehlen. Doch wenn wir weiter gehen und fragen, ob dies aufgrund der unterschiedlichen Gehirnstrukturen zwischen uns und Tieren geschieht, stellt sich die Frage, wie wir Musik wahrnehmen. Handelt es sich hierbei um eine Diskussion über Kognition? Selbst heute müssen wir anerkennen, dass Musik eine abstrakte Form ist und ihre genaue Rolle in den emotionalen Reaktionen des Menschen bleibt eine ungelöste Frage. Aber die emotionalen Reaktionen, die durch Musik hervorgerufen werden, lassen vermuten, dass Musik eine gewisse Bedeutung zugeschrieben wird. In diesem

Zusammenhang werde ich hauptsächlich die Ansichten von Stefan Koelsch (2011A, 2011B) vorstellen, um diesen Aspekt zu erkunden.

Obwohl sich deren Erforschung bis in die Anfänge der modernen Biologie und Psychologie zurückzuverfolgen lässt, gibt es bis heute keine allgemein anerkannte wissenschaftliche Definition des Gefühls- bzw. Emotionsbegriffs. Aber Emotionen sind überall: Wenn wir zum Beispiel auf der Straße ein besonders schönes Mädchen sehen, empfinden wir möglicherweise Bewunderung. Eine Vogelmutter schützt ihre Kinder, wenn Gefahr droht. Wir freuen uns, wenn wir uns mit alten Freunden treffen, die wir lange nicht gesehen haben. Oder wenn wir bekannte Musik hören, haben wir nostalgische Gefühle. Wenn wir Musik hören, bekommen wir manchmal eine Gänsehaut-Reaktion. Emotionen, Empfindungen und Bewusstsein sind spezielle Konzepte, die auf den ersten Blick rein subjektive Inhalte zu sein scheinen. Doch um sie ranken sich viele ungelöste Rätsel: Gehört die mit einer Gänsehaut in Verbindung stehende intensive Emotion eher zur Evolution des Körpers oder zur Evolution des Geistes?

Obwohl wir immer noch in einem explorativen Stadium der Erforschung der menschlichen geistigen Verarbeitung von musikalischen Emotionen sind, sind Emotionen für den Menschen von großer Bedeutung. Es ist eine schwierige Frage, ob nicht-linguistische Tiere bewusste emotionale Erfahrungen haben (LeDoux, 1994). Die direkteste Methode zur Beurteilung bewusster emotionaler Erfahrungen ist die verbale Selbstberichterstattung. Dies stellt ein methodisches Hindernis für vergleichende Studien von Tieren und Menschen dar. Obwohl Verhalten und physiologische Reaktionen nicht direkt Emotionen sind, tragen sie indirekt zu Emotionen bei und sind manchmal sogar tiefergreifend (Juslin & Sloboda, 2001). Als Neurowissenschaftler verfolgte Antonio Damasio (1997) über Jahre hinweg mehrere Fallstudien von Patienten. Er argumentiert, dass rationale Entscheidungsfindung uns zwar vor emotionalen Schäden schützen könne, aber ohne den Antrieb der Emotionen wären wir handlungsunfähig. Die verschiedenen Prozesse von Emotionen zeigten eine schnellere und einfachere Reaktion auf Reize in einer interkulturellen Perspektive und hätten eine kulturübergreifende Universalität. Auf der anderen Seite umfasse die individuelle emotionale Verarbeitung kognitive Prozesse wie Gedächtnis, Bewertung und Entscheidungsfindung, die mit Lernen und Erfahrung verbunden sind.

Eine gemeinsame Annahme vieler Autoren zu diesem Thema ist, dass obwohl menschliche Emotionen einige einzigartige Merkmale aufweisen, zumindest einige Aspekte menschlicher Emotionen die Vergangenheit unserer Vorfahren widerspiegeln. Darwin (1871) war der Meinung, dass Emotionen universelle Wurzeln hätten und sowohl bei Menschen als auch bei vielen Tieren vorhanden seien. Des Weiteren existierten grundlegende emotionale Reaktionssysteme und damit verbundene Verhaltensweisen wie Angst vor Gefahr, Wut, sexuelles Vergnügen usw. nicht nur beim Menschen, sondern auch bei anderen Primaten und hoch entwickelten Säugetieren. Wenn wir annehmen, dass unterschiedliche Arten von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen, wird es einfacher, gewisse Gemeinsamkeiten in bestimmten Ausdrucksformen zwischen verschiedenen, aber verwandten Arten zu verstehen, zum Beispiel die gleichen Gesichtsmuskeln, die bei Menschen und verschiedenen Arten von Affen während des Lachens aktiv sind (Ekman, 1992A). Paul Ekmans Theorie der Basisemotionen (*basic emotions*) beschreibt sechs grundlegende

Emotionen und zwar Glück, Traurigkeit, Ekel, Angst, Überraschung und Wut (Ekman, 1992A, 1992B). Er stellt die These auf, dass diese Emotionen angeboren seien und in allen menschlichen Kulturen erlebt würden.

Ein Phänomen, das auf die Angeborenheit der Emotion Angst hindeutet, lässt sich bei Mäusen beobachten: Mäuse, die noch nie zuvor eine Katze gesehen haben, haben beim ersten Anblick einer Katze Angst. Dies deutet darauf hin, dass etwas in ihre DNA[1] geschrieben wurde, dass es natürliche Reaktionen gibt. Dies wurde durch psychologische und verhaltenswissenschaftliche Experimente bestätigt. Emotionen wie Angst oder Traurigkeit, die wir erleben, haben eine genetische und materielle Grundlage. Evolutionäre Emotionsforschung erklärt menschliche angeborene Emotionen anhand ihres Anpassungswertes für unsere Vorfahren. Dadurch geht die evolutionäre Verhaltensforschung über das reine Gebiet der Psychologie als eine Wissenschaft vom Menschen hinaus und hat Auswirkungen auf die systematische Entwicklung und Tierwissenschaft (Zoologie).

In den letzten Jahrzehnten haben jedoch James A. Russell (1980, 2003) und Lisa Feldman Barrett (2006) weitreichende Kritik an der Sichtweise von angeborenen Emotionen aus verschiedenen Perspektiven wie Neurowissenschaften, Phänomenologie und Linguistik geäußert. Sie argumentieren, dass jedes typische Emotionserleben, das von einer spezifischen Reaktion begleitet wird, möglicherweise ein stabiles Muster ist, das nach der Geburt durch verschiedene Mechanismen und kontextbezogene Reaktionen entsteht. Sie behaupten, dass die Annahme grundlegender Emotionen den Fortschritt der Emotionsforschung behindere. Stattdessen schlagen sie vor, dass das zentrale Element der emotionalen Erfahrung, das als „*core affect*“ („Kernaffekt“) bezeichnet wird, aus Valenz (angenehm/unangenehm) und Erregung (arousal) bestehe. Konkrete Emotionen entstünden oft durch plötzliche Veränderungen des Kernaffekts in Reaktion auf spezifische Ereignisse. Diese Theorie bildet den Kern biologischer und evolutionärer Mechanismen und ist grundlegend und einfach.

In Bezug auf Emotionen gibt es historisch bedingt zwei entgegengesetzte theoretische Sichtweisen: Die James-Lange-Theorie und die Cannon-Bard-Theorie. Die James-Lange-Theorie ist eine nicht zu vernachlässigende Emotionstheorie. Sie besagt, dass bei der Aufnahme äußerer Reize zunächst eine körperliche (physiologische) Reaktion erfolgt, gefolgt von emotionalen Gefühlen im bewussten Bereich und, was noch wichtiger ist, sie betont, dass die sensorische Rückmeldung der körperlichen Reaktion die subjektiven Emotionen beeinflusst. Allerdings haben der amerikanische Physiologe Walter Bradford Cannon und Philip Bard die James-Lange-Theorie in Frage gestellt und eine alternative Perspektive vorgeschlagen. Sie argumentierten, dass der emotionale Prozess keine Beteiligung des bewussten Zentrums im Gehirn beinhalte (Cannon, 1927). Diese beiden gegensätzlichen Auffassungen werden auch heute noch debattiert.

Jedes Musikstück besteht aus einer Kombination verschiedener Töne. Dadurch drückt jedes Musikstück Emotionen durch den Klang, die Harmonie, das Tempo und die Melodie der einzelnen Töne aus. Darüber hinaus bestimmt das Maß an Vertrautheit mit westlicher Musik die Stärke der Verbindung zwischen Dur und Freude sowie Moll und Traurigkeit (Kivy, 1980). Der Musiktheoretiker Leonard B. Meyer verband

[1] DNA ist die Abkürzung für Deoxyribonucleic Acid (deutsch: Desoxyribonukleinsäure oder DNS).

in seinem Buch „*Emotion and Meaning in Music*“ (Meyer, 1956) Musiktheorie und Musikästhetik mit Musikpsychologie und versuchte zu erklären, wie Emotionen und Bedeutungen in der Musik durch die verschiedenen musikalischen Elemente und strukturellen Merkmale des Musikwerks ausgedrückt und vermittelt werden. Seine Theorie stellte Eduard Hanslicks Position einer formalistischen Ästhetik zum Teil in Frage. Meyers Ansichten sind von großer Bedeutung für das gegenwärtige Verständnis und die wissenschaftliche Erforschung von Emotionen in der Musik und haben eine führende Position in der kognitiven Musikforschung eingenommen.

Eine gängige Methode zur Erforschung der emotionalen Reaktionen auf Musik besteht darin, eine direkte Verbindung zwischen Musikmerkmalen (wie Rhythmus) und der Reaktion des Hörers herzustellen. Allerdings konnte eine solche Analyse letztendlich nicht erklären, warum die Emotionen des Hörers geweckt werden. Patrick N. Juslin und Daniel Västfjäll (Juslin & Västfjäll, 2008; Juslin, 2019) haben durch Experimente einen Erklärungsansatz dafür gefunden, warum Emotionen durch Musik evoziert werden. Juslin (2013A) schlägt sieben Mechanismen vor, die beim Musikhören Emotionen hervorrufen können: *Brainstem Reflex, Rhythmic Entrainment, Evaluative Conditioning, Contagion, Visual Imagery, Episodic Memory* und *Musical Expectancy*. Er fasst diese mit dem Akronym BRECVEM zusammen. Diese Mechanismen sind Teil von Juslins Theorie musikalischer Emotionen. Mit diesen Mechanismen versucht er, die Kausalität zwischen dem Stimulus und der durch Musik evozierten Emotion genauer zu erklären und welche Teile des Gehirns dabei eine Rolle spielen.

Die Unterschiede zwischen Musikemotionen und alltäglichen Emotionen variieren je nach Gruppen mit unterschiedlichen musikalischen Vorlieben (Zentner, Grandjean & Scherer, 2008). Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion unterscheidet sich von anderen Emotionen. John A. Sloboda (1991) stellte in seinen Experimenten fest, dass Musik Emotionen und Stimmungen stark hervorrufen und regulieren kann, die von Veränderungen der Herztätigkeit, des Blutdrucks und der Atmung begleitet werden. Später haben immer mehr Forscher damit begonnen, die Gänsehaut-Reaktion als Parameter in Studien über emotionale Reaktionen auf Musik zu verwenden. Verglichen mit der Hauttemperatur, der Herzfrequenz, dem Cortisolspiegel und anderen Standardmesswerten ist die Gänsehaut-Reaktion der beste (physiologische) Indikator für eine starke bzw. intensive Emotion (Blood & Zatorre, 2001; Craig, 2005; Konečni, 2005; McCrae, 2007). Intensive Emotionen (*strong emotions*) scheinen physiologische und motorische Reaktionen sowie kognitive Bewertungen des Stimulus zu umfassen (Sloboda, 1991). Das damit verbundene Phänomen der Gänsehaut-Reaktion auf Musik wird als Ergebnis evolutionärer Prozesse betrachtet, da es eine erwartungsgemäße Funktion hat (Huron & Margulis, 1993). David Huron (2006) hebt in seinem ITPRA-Modell[2] die Bedeutung von Erwartungen für das Evozieren von Emotionen durch Musik hervor. Diese Theorie wird auch von Oliver Grewe und Kollegen (Grewe et al., 2007B) gestützt. Sie haben experimentell gezeigt, dass der einzige allgemeine Faktor, der als notwendige Bedingung aber nicht als hinreichende Bedingung für das Auftreten der Gänsehaut-Reaktion identifiziert werden kann, Veränderungen in der musikalischen Struktur sind, die mit unerfüllten Erwartungen einhergehen.

[2] Das Akronym ITPRA steht für die fünf Operationen: *Imagination*, *Tension*, *Prediction*, *Reaction* und *Appraisal*.

Die Erforschung der biologischen Grundlagen der Musik konzentriert sich neben der Evolutionsbiologie auf die Neuromusikologie, insbesondere auf die aufstrebende kognitive Neurowissenschaft (cognitive neuroscience), die neue Erkenntnisse zu diesem alten Thema liefert. Wenn wir äußeren Reizen ausgesetzt sind, kann uns die Neurowissenschaft zeigen, wie das Gehirn funktioniert. Zum Beispiel, wenn man hungrig ist und etwas Köstliches sieht, wird dieser Reiz auf visuellem Weg an lichtempfindliche Netzhautzellen übermittelt, die es dann an das Gehirn weiterleiten. Das Gehirn antwortet darauf mit Hilfe von Neuronen und erzeugt Gehirnwellen. Diese Gehirnwellen können wiederum die Neurotransmitter im Körper beeinflussen, die verschiedene Hormone wie z.B. Endorphine freisetzen. Diese Hormone wiederum führen zu verschiedenen körperlichen Reaktionen und Zuständen. Tatsächlich werden sie durch äußere Reize ausgelöst.

Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2015) versuchen mit ihrer Quartett-Theorie (*quartet theory*), die Mechanismen und neuronalen Strukturen, die in Zusammenhang mit Emotionen stehen, zu erforschen. Im Wesentlichen interessieren sie sich dafür, welche Hirnregionen für bestimmte Emotionen verantwortlich sind. Sie integrieren eine Vielzahl von Fakten über die neurophysiologischen Grundlagen von Emotionen in ein strukturiertes Rahmenwerk und zeigen auf, wie die verschiedenen Teile dieser Struktur miteinander in Beziehung stehen und wie sie interagieren, um komplexe Emotionen zu erzeugen. Anne J. Blood und Kollegen (Blood et al., 2001) führten Experimente durch, um herauszufinden, welche Hirnregionen an der Auslösung der Gänsehaut-Reaktion beim Hören von Musik beteiligt sind. Wenn wir Emotionen als das Zusammenspiel von Neuronen in unserem Gehirn betrachten, die gemeinsam eine physiologische Reaktion erzeugen, entstehen verschiedene neuronale Verbindungen. Je stabiler und vielfältiger diese Verbindungen sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie eine Erregung hervorrufen. Die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, ist das Ergebnis einer Kombination verschiedener Substanzen, die durch die Stimulation der Neuronen im Gehirn entstehen. Dabei werden Hirnströme verwendet, um die Freisetzung von Neurotransmittern und Hormonen zu steuern und somit den gesamten Zustand des Körpers zu regulieren. Es ist möglich, dass wir eine traurige emotionale Stimmung einer Musik wahrnehmen, aber dennoch ein angenehmes Gefühl empfinden, wenn wir sie hören. Die Gänsehaut-Reaktion, die durch das Hören von Musik ausgelöst wird, wird als positive Emotion betrachtet. Es gibt eine psychologische Erklärung dafür (Juslin & Isaksson, 2014; Menninghaus et al., 2017; Schubert, 2009, 2016).

Der Fokus der Arbeit liegt darauf, durch die Integration neuerer Erkenntnisse der kognitiven Neurowissenschaft der Musik und der Musikpsychologie eine umfassendere Perspektive auf das Phänomen der Gänsehaut-Reaktion beim Musikhören zu gewinnen, um besser zu verstehen, warum wir diese damit verbundenen emotionalen Erfahrungen genießen.

2 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion: Forschungshintergrund

Die musikwissenschaftliche Frage nach dem Verhältnis von Musik und Emotionen, zu der auch die Untersuchung der Gänsehaut-Reaktion gehört, bezieht auch eine Reihe anderer Disziplinen mit ein. Zum Beispiel: Der Hauptansatz zur Untersuchung von Musik und Emotionen stützt sich auf psychologische Methoden; die Theorien von Darwin und seinen Anhängern sind biologisch. Die Verwendung neurowissenschaftlicher Daten zur Erklärung der kognitiven Organisation des musikalischen Erlebens, einschließlich evolutionärer, physiologischer und neurologischer Perspektiven, wird auch oft mit der Musikästhetik in Verbindung gebracht, einer Sichtweise der Musikästhetik, die oft eher eine abstrakte, ästhetische Diskussion als die uns im Alltag bekannten Emotionen betont. Der musikethnologische Forschungsansatz konzentriert sich auf die Art und Weise der Musik als kulturell bedingtes Ausdrucksmittel.

Die Musikethnologin Judith Becker (2002) verweist auf das Konzept des Habitus des Hörens, das sich auf die weitgehend unbewussten Hörgewohnheiten und Erwartungen einer bestimmten kulturellen Gruppe bezieht. Diese Gewohnheiten geben Aufschluss darüber, was Musik bedeutet, wofür sie verwendet wird und wie sie (im Hörkontext) wahrgenommen wird. Der musikethnologische Ansatz befasst sich auch mit den kulturellen Unterschieden in Ausdruck, Motivation und Interpretation. Hörgewohnheiten und Erwartungen, die den Hörern in einer bestimmten Kultur weitgehend unbewusst sind.

Es gibt auch einen soziologischen Ansatz: Im Gegensatz zur Musikethnologie, die sich mehr mit der Rezeption als mit der Produktion befasst, vertritt die Musiksoziologin Tia DeNora (2000) die These, Musik sei als ein Instrument zur Konstituierung affektiven Verhaltens in einer Reihe von sozialen und trans-sozialen Kontexten zu konzeptualisieren. Mit anderen Worten: Musik ist nicht nur ein Auslöser von Emotionen, sondern auch ein Behälter für Emotionen. Die Untersuchung der Gänsehaut-Reaktion[3] oder Chill-Reaktion erfordert daher eine interdisziplinäre Sichtweise, wie der Blick durch ein Kaleidoskop von Problemen, die durch verschiedene wissenschaftliche Ansätze gelöst werden können. Die mit der Gänsehaut-Reaktion verbundene emotionale Erfahrung kann durch Veränderungen der subjektiven Phänomene untersucht sowie durch objektive physiologische Indikatoren gemessen werden. Es gibt die Position, dass Chill durch evolutionäre Ursachen begünstigt wird. Die evolutionäre Sichtweise geht davon aus, dass diese emotionale Erfahrung durch Mechanismen entsteht, die sich während unseres Evolutionsprozesses herausgebildet haben. Mechanismen sind wie eine komplizierte Maschine, in der viele Teile zusammenarbeiten, um die Maschine zu starten.

In diesem Kapitel werden zunächst die Merkmale der biologischen Gänsehaut-Reaktion und ihre physiologischen Erscheinungsformen untersucht. Anschließend wird erörtert, wie die Gänsehaut-Reaktion in

---

[3] Im Alltag haben viele Menschen das Phänomen der Chill-Reaktion auf Kälte oder Angst erlebt. Diese kleinen Beulen sehen wie frisch gerupftes Geflügel aus. Oft zeigt sich das Symptom, wenn sich einem die Haare sträuben. Diese Reaktion hat einen körperlichen Drang, umgangssprachlich oft beschrieben als „a spreading gooseflesh, hair-on-end feeling that is common on the back of the neck and head and often ones down the spine."(Panksepp 1995, S.173). Die Begriffe „Gänsehaut-Reaktion", „piloerection", „thrill" und "Chill-Reaktion" werden in der Dissertation synonym verwendet. In dieser Dissertation wird"Gänsehaut-Reaktion" als zusammenfassende Bezeichnung für eine Reihe verwandter Reaktionen verwendet.

verschiedenen Kontexten auftritt und warum wir im Vergleich zu Tieren in verschiedenen Kontexten die gleiche Gänsehaut-Reaktion haben. Wenn Musik als Reiz betrachtet wird, ist die Gänsehaut-Reaktion eine starke emotionale und physiologische Reaktion, ähnlich wie bei Tieren, wenn sie mit einem mächtigen Feind konfrontiert werden und ihr Fell sich aufstellt. Dies wirft die Frage auf, ob es Gemeinsamkeiten zwischen diesen beiden Fällen gibt. Dieses Kapitel dient als Einführung in den theoretischen Hintergrund dieser Reaktion und konzentriert sich hauptsächlich auf Charles Darwins Evolutionstheorie, Nikolaas Tinbergens vier Fragen und Michael Tomasellos Forschungsansatz.

2.1 Biologische Merkmale der Gänsehaut-Reaktion

Es gibt viele verschiedene Auslöser für die Gänsehaut-Reaktion. Zum Beispiel, wenn unser Körper und unsere Emotionen einer starken Reizung ausgesetzt sind, entstehen winzige Erhebungen auf unserer Haut, die als Gänsehaut-Reaktion bekannt sind. Dieses Phänomen tritt nicht nur bei Menschen auf, sondern kann auch bei vielen anderen Tieren beobachtet werden. Gänsehaut, die durch Angst, Aufregung oder Ärger oder durch das Hören von Musik, die das Herz bewegt, verursacht wird, ähnelt dem Phänomen der Gänsehaut in einer kalten Umgebung – alle diese Gänsehaut-Reaktionen unterliegen einer Erregung des sympathischen Nervensystems. Bei dieser erfährt der Körper viele Veränderungen, wie eine erhöhte Herzfrequenz und Atmung, erhöhte elektrische Reaktionen der Haut, verringerte Körpertemperatur und Pulsfrequenz, die von Gänsehautforschern genau aufgezeichnet werden können (Bannister, 2020).

2.1.1 Gänsehaut beim Tier

Nicht nur Menschen haben die Gänsehaut-Reaktion, sondern auch viele Tiere mit Haaren. Die Gänsehaut-Reaktion scheint häufiger bei behaarten Säugetieren aufzutreten. Beim Tier wie beispielsweise bei Katzen wird die Gänsehaut-Reaktion durch eine erstaunlich große Anzahl winziger Muskeln am ganzen Körper erzeugt. Wenn das Haar aufgerichtet ist, bildet es eine kleine Vertiefung auf der Oberfläche und deren Umgebung wird angehoben, wodurch eine Gänsehaut auf der Haut entsteht. In Situationen der Angst lässt das aufgerichtete Haar das Tier größer erscheinen, um Feinde einzuschüchtern. Dies lässt sich bei Einschüchterungsversuchen von Schimpansen, bei nervösen Mäusen und Ratten, bei ängstlichen Katzen und auch beim Balzen von männlichen Schimpansen beobachten (Nishida 1997; Kreibig, 2010). Darwins Buch „*The Expression of the Emotions in Man and Animals*“ (Darwin, 1872) beschreibt ausführlich einige der bekannten Ausdrucksformen von Tieren in verschiedenen Gemütszuständen. Er argumentierte, dass die Art und Weise, wie Menschen ihre Emotionen ausdrücken, wie alle anderen Eigenschaften auch, bei unserer Spezies kaum aus dem Nichts entstanden sein könne. Zahlreiche Beobachtungen belegen, dass sich unsere Mimik, unsere Bewegungen und unsere Laute wahrscheinlich im Laufe von Jahrtausenden allmählich entwickelt haben. In Hinblick auf die Art und Weise, wie wir unsere emotionalen Zustände anderen gegenüber zeigen, bedeutet dies, dass es eine gewisse Kontinuität zwischen dem Verhalten von Tieren und

den Menschen geben könnte. Charles Darwin (Darwin, 1872) hat lange Jahre das Verhalten vieler Tiere in der Welt beobachtet. Dabei hat er herausgefunden, dass bei Wirbeltieren das unbewusste Aufstellen von Ausdrucksmitteln, wie zum Beispiel Haaren, Federn und anderen Hautanhangsgebilden (wie beispielsweise die Haarwurzeln oder Talgdrüsen) üblich ist. Diese Anhängsel werden als Reaktion auf einen mit Wut oder Schrecken verbundenen Reiz aufgerichtet, insbesondere wenn diese Emotionen kombiniert sind oder schnell aufeinander einwirken. Der Effekt dieser Aktivität ist, dass das Tier größer und furchterregender auf seine Feinde oder Gegner wirkt. Wie eine Katze, die, wenn sie in Gefahr ist, wütend wird und ihren Rücken krümmt, um größer zu wirken und ihre Gegner abzuschrecken. Deren Körper befindet sich in einem Zustand der Anspannung. Es ist oft zu sehen, wie sich das Fell oder die Federn von Rivalen und wütenden Katzen größer und furchterregender wird indem sie freiwillig eine bedrohliche Haltung einnehmen und scharfes Fauchen von sich geben. Es ist vorstellbar, dass diese Haltung und das Fauchen nach einer Weile zu einem Gewohnheitsinstinkt wurde, und die Fähigkeit der Piloerektion könnte dadurch verstärkt oder erhöht werden.

2.1.2 Kältereiz und die Gänsehaut-Reaktion beim Menschen

Obwohl die Menschen nicht so viele Haare wie andere Tiere haben, bekommen sie dennoch eine Gänsehaut als Reaktion auf Kältereize. Die meisten Gänsehaut-Reaktionen werden durch die Kontraktion des Haarbalgmuskels verursacht. Der Kältereiz führt hauptsächlich durch ein Signal des vegetativen Nervensystems, das mit den Haarbalgmuskeln verbunden ist und zur Kontraktion des Haarbalgmuskels um den Haarfollikel herum veranlasst wird, zu einer Gänsehaut. Die durch die Kälte ausgelöste Gänsehaut wird durch die Kontraktion der Haarbalgmuskeln unter der Haut verursacht. So ziehen sich bei behaarten Tieren die Haarbalgmuskeln zusammen und das Haar richtet sich auf. Es entsteht so ein natürlicher, dicker ‘ Pullover’, der den Körper gegen die kalte Luft isoliert (Campbell, 1996). Das Gehirn schüttet daraufhin Hormone der Hirnanhangdrüse aus, die den Körper zu einer verstärkten Wärmeproduktion anregen, indem sie die Blutzufuhr zur Haut verringern, die Blutgefäße verengen, eine Gänsehaut zusammen mit den Haarbalgmuskeln verursachen, den Glukosestoffwechsel des Körpers beschleunigen, die Muskeln zum Zittern bringen und mehr Wärme produzieren und ein Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeverlust fördern, so dass die Körpertemperatur über einen längeren Zeitraum auf einem relativ stabilen Niveau gehalten wird, um die Funktion des Körpers möglichst stabil aufrechtzuerhalten.

Wenn sich eine Person längere Zeit in einer kalten Umgebung aufhält, führt dies zur Verengung von Blutgefäßen der Haut, sodass die Sauerstoffversorgung des Gewebes nicht mehr ausreicht. Dies führt sogar zu Gewebsnekrosen, die der Mechanismus von Erfrierungen sind. Insbesondere findet dies an den Enden der Blutgefäße, den Fingern und Zehen, den Ohrmuscheln und anderen Stellen mit schlechter Kapillardurchblutung statt. Als Reaktion auf einen Kältereiz führt das hypothalamische Thermoregulationszentrum eine Reihe von miteinander verbundenen Reaktionen aus, die die Adrenalinausschüttung des Körpers modulieren und die Sympathikusnerven erregen, welche wiederum die Aktivität des Musculus erector spinae innervieren. Das vegetative Nervensystem regelt das Zusammenziehen

und Erweitern der Blutgefäße in der Haut, provoziert die Gänsehaut-Reaktion, das Aufrichten der Haare und löst die Aktivität der Schweißdrüsen des Körpers aus. Die Haut ist eng mit dem Gehirn verbunden und beide stehen sowohl bewusst als auch unbewusst in ständiger Kommunikation. Sie und das Nervensystem entstehen während der Embryonalzeit in derselben Keimschicht.

2.1.3 Andere Auslöser einer Gänsehaut-Reaktion beim Menschen

Gänsehaut tritt auf, wenn eine Person Angst hat oder friert. Sie ist eine 'positive' Stressreaktion des Körpers auf äußere Reize und mit einer entsprechenden Veränderung des körpereigenen Hormonspiegels verbunden, die den Menschen in die Lage versetzt, mit gefährlichen oder kalten Bedingungen besser fertig zu werden. Im Gegensatz dazu gibt es auch negative Stressreaktionen (LeDoux, 1998), nämlich übermäßige Erregung (Angst), Nervosität, übermäßige emotionale Erregung (Unruhe) oder Niedergeschlagenheit (Depression), verminderte kognitive Fähigkeiten und Verwirrung über das Selbstkonzept. Diese werden als Panikattacken bezeichnet und können zu negativen emotionalen Reaktionen wie Ohnmacht oder dem Gefühl führen, dass man sterben wird.

Wenn der Mensch durch eine Gefahr erschreckt wird, läuft er unbewusst vor der Gefahr davon und der Hormonspiegel des Körpers, wie z. B. Adrenalin, steigt an, wodurch auch der Blutzuckerspiegel ansteigt, während das Blut umverteilt wird, um die Sauerstoffversorgung des Bewegungsapparats und des Gehirns zu gewährleisten. Die Stress-Reaktion bewirkt, dass sich die Blutgefäße der Haut verengen und sich auch die Haarbalgmuskeln dementsprechend zusammenziehen. Es handelt sich um eine aktive Stressreaktion, ein Verhaltensmuster, das allen Säugetieren gemeinsam ist, um entweder zu kämpfen oder zu fliehen (Cannon, 1927). Kurz gesagt: Um eine schnelle Reaktion zu ermöglichen und drohende Gefahren zu vermeiden, sind ein klarer Kopf und eine ausreichende Blut- und Sauerstoffversorgung des Muskelskeletts erforderlich.

Beim Menschen kann die Chill-Reaktion durch auditive, visuelle, somatosensorische, viszerale Reize und den Geschmackssinn ausgelöst werden (Grewe et al., 2010). Harte Geräusche, wie das Kratzen von Kreide auf einer Tafel oder der Bohrer eines Zahnarztes, lösen eher diese Gänsehaut-Reaktionen mit unangenehmen Gefühlen aus (Grewe et al., 2010). Solche Geräusche zeichnen sich durch hohe Intensität und hohe Frequenzen aus und sind in psychoakustischer Hinsicht oft sehr grob (Grewe et al., 2007A; 2007B). Neben dem Gefühl der Ehrfurcht kann auch Musik oder eine Geschichte für Gänsehaut sorgen. Oft zeigen Menschen, die Musik hören und dabei in einen emotional erregten Zustand geraten, Symptome wie die Gänsehaut, oder beschreiben diesen Zustand etwa mit allgemein gebräuchlichen Redewendungen wie einem „kalten Schauer, der ihnen über den Rücken läuft". Obwohl sich die meisten Studien auf die bereits erwähnte Gänsehaut, die vom Musikhören ausgelöst wird, konzentriert haben, wird diese Gänsehaut in den meisten Fällen mit angenehmen und glücklichen, wenn auch manchmal nostalgischen Empfindungen in Verbindung gebracht (Guhn et al., 2007; Grewe et al., 2007B). Grewe und Kollegen (Grewe et al., 2007A; Grewe et al., 2007B) fanden in Experimenten, in denen sie die durch Musik ausgelöste Gänsehaut-Reaktion testeten, heraus, dass auf den Armen einiger Probanden zwar eine Gänsehaut zu erkennen war, bei einigen Tränen

auftraten, bei anderen jedoch nicht. Die Gänsehaut-Reaktion konnte nicht in Bezug auf Alter, Geschlecht oder jemanden, der sich über klassische Musik freut oder nicht, konstatiert werden (Grewe et al., 2007A; 2007B). In einem Experiment mit einem Chor stellte Pieter-Jan Maes (2016) fest, dass Chormitglieder, die mit den jeweiligen Werken vertraut waren, deutlich häufiger eine Gänsehaut-Reaktion bekommen. Das Anhören der eigenen Wiedergabe schien jedoch nicht sehr wichtig zu sein, denn es gab nicht viele Fälle dieser Reaktion.

Tatsächlich lösen auch bloße mentale Selbststimulation, angenehme Gedanken und emotionale Erinnerungen – einschließlich musikalischer Erinnerungen – häufig eine Gänsehaut-Reaktion aus. All diese Chill-Reaktionen auf sehr unterschiedliche Stimuli haben ähnliche physiologische Korrelate, die durch die Messung von Hautleitwertreaktionen, erhöhter Herzfrequenz und Atemfrequenz ermittelt werden (Grewe et al., 2009A; 2009B). Sie können aber nicht allein durch psychophysiologische Laborparameter unterschieden werden.

Die Gänsehaut-Reaktion kann auch durch das Betrachten von Bildern ausgelöst werden, die durch ästhetische Objekte, oder Gefühle der Ehrfurcht hervorgerufen werden (Konečni, 2011), aber auch durch das Betrachten von sehr ekelhaften Bildern (Grewe et al., 2010). Als Reaktion auf das Erhabene ist das Auftreten von Gänsehaut immer von Ehrfurcht und weiteren Emotionen begleitet. Konečni (2007) nennt die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musik ausgelöst wird, in seiner Ästhetik-Trinitätstheorie als häufigste Reaktion auf ästhetische Reize. Die meisten Berührungen werden immer von Gänsehaut begleitet, mit den wenigen Ausnahmen, die bei Menschen auftreten, deren psychologische Schwelle für die Erfahrung von Berührung niedriger ist als die Erfahrung von Gänsehaut. Schließlich kann die Gänsehaut-Reaktion auch auftreten, wenn aus anderen Gründen emotionale Spannung oder Aufregung herrscht.

2.1.4 Muskelanspannung

Unter dem Einfluss von Wut und Schrecken tritt zunächst eine plötzliche Nervenanspannung auf, die sich direkt körperlich auswirkt (LeDoux & Daw, 2018): Wenn das Nervensystem plötzlich angespannt ist, sendet das Gehirn ein Signal aus, das zu einer Muskelanspannung führen kann. Diese Muskelanspannung wird von einer Gänsehaut-Reaktion begleitet, einer äußeren Reaktion auf die psychische Anspannung, die mit dem bloßen Auge sichtbar ist. In diesem Fall können die Handlungen, die durch willkürliche Muskelkontraktionen ausgeführt werden, mit Handlungen kombiniert werden, die durch unwillkürliche Muskelaktivitäten zu demselben Zweck ausgeführt werden. Es ist sogar möglich, dass Tiere, wenn sie erregt sind und bestimmte Veränderungen in ihrem behaarten Zustand gewahr werden, durch wiederholte Anstrengung ihrer Aufmerksamkeit und ihrer Kraft darauf einwirken (Darwin, 1872). Eine Gänsehaut soll als Reaktion bei Tieren seit vielen Generationen immer wieder durch Wut und Schrecken ausgelöst worden sein, so dass die unmittelbare Wirkung einer plötzlichen Anspannung des Nervensystems auf die Hautanhangsgebilde durch Gewohnheit und durch die Tendenz der Nervenkräfte, sich leicht in den Kanälen der Gewohnheit zu bewegen, fast sicher verstärkt werden könnte (Ledoux, 2003B).

2.1.5 Neuroendokrinologische, -physiologische und -modulatorische Grundlagen der Gänsehaut-Reaktion: Das vegetative Nervensystem

Die Gänsehaut-Reaktion ist das Ergebnis einer Aktivierung des sympathischen Nervensystems. Die sympathischen und parasympathischen Reaktionen der inneren Organe unterliegen im Allgemeinen nicht der menschlichen Kontrolle. Sie hängen allerdings mit den wichtigsten Bedingungen des menschlichen Überlebens wie z. B. Atmung und Herzschlag zusammen. Rein physiologisch betrachtet, wirkt der Sympathikus erregend auf den körperlichen Zustand, während der Parasympathikus entspannend wirkt. Musik kann den Herzschlag und die Atmung beeinflussen und so den sympathischen und parasympathischen Zustand des Körpers modulieren. Der Sympathikus des vegetativen Nervensystems steuert den Erector spinae. Wenn eine Person also gestresst, wütend, verängstigt usw. ist, werden die Sympathikusnerven erregt, was zu einer Kontraktion des Musculus erector spinae und zu Gänsehaut führt. Unabhängig vom Auslöser haben alle Arten von Gänsehaut einen gemeinsamen physiologischen Mechanismus – eine starke Erregung des sympathischen Nervensystems. Diese Aktivierung führt zu einer Erektion der Haare – der Piloerektion –, die durch das Zusammenziehen der winzigen Kapillarmuskeln in der Haut verursacht wird. Darüber hinaus treten neben der Gänsehaut in vielen Fällen weitere Reaktionen des sympathischen Nervensystems auf, wie z. B. ein Anstieg der Herzfrequenz, des Blutdrucks, der Atemfrequenz und der Schweißsekretion, die durch elektrochemische Reaktionen in der Haut gemessen werden können. Das sympathische Nervensystem reagiert auf die Reize von Dringlichkeit, Verlegenheit, Aufregung und Bewegung. Diese Reaktionen auf Bewegung und Stimulation verstärken die Ausschüttung von Adrenalin und letztlich führt diese physiologische Reaktion zu Phänomenen wie verstärkter Atmung und Muskelkontraktion (Fujiwara et al., 2011).

Musik kann vielfältig sein, manchmal angenehm und aufregend, manchmal intensiv und erhebend oder manchmal sehr traurig. Rhythmus und Melodie der Musik können eine entsprechende emotionale Reaktion hervorrufen, einen Adrenalinschub und dann eine Gänsehaut. Die beschriebenen Vorgänge bilden eine physiologische Erklärung der Gänsehaut-Reaktion.

2.1.6 Die Gänsehaut-Reaktion auf Musik

Des Weiteren werde ich mich auf die positive Chill-Reaktion auf Musik konzentrieren, die mit angenehmen Gefühlen verbunden ist. Darüber hinaus werde ich kurz die Erkenntnisse über die musikalischen Parameter und Hörereigenschaften zusammenfassen, die dazu beitragen, diese körperlichen Reaktionen hervorzurufen. Vladimir J. Konečni und Kollegen (Konečni et al., 2007) fanden ebenfalls experimentell heraus, dass Gänsehaut oft von den zuvor angeführten physiologischen Reaktionen begleitet wird. Sie sind aber der Meinung, dass dieses Phänomen als ästhetische Erfahrung aufzufassen sei, die psychologisch wenig bedeutsam sei. Musik gilt als ein besonderer Stimulus: Das Hören von Musik ruft oft

mehr oder weniger starke Emotionen hervor und wird von einzigartigen subjektiven Erfahrungen sowie spezifischen physiologischen Veränderungen begleitet (Guhn et al., 2007).

Aus dieser Perspektive sollten Unterscheidungen auf der sensorischen Ebene von Unterscheidungen auf den kognitiven, verhaltensbezogenen oder physiologischen Ebenen begleitet werden (Grewe et al., 2009A; 2009B). Bei der Untersuchung des Gedächtnisses sowie der Kognition geht es beispielsweise darum, ob zuvor erlernte Wörter, die mit Nostalgie zu tun haben, mit größerer Wahrscheinlichkeit abgerufen werden als Wörter, die auf eine andere emotionale Musik zielen. Solche Phänomene legen nahe, dass Musik Verhaltensausdrücke von Gefühlen oder Empfindungen hervorruft, die auch als Forschungsobjekte betrachtet werden müssen, um das Verhalten zu untersuchen. So werden durch Musik ausgelöste Emotionen, die mit Chill bzw. der Gänsehaut-Reaktion in Verbindung stehen, in kognitive Studien einbezogen. Es ist zu beachten, dass Chill-Reaktionen anfällig sind und in Studien nicht perfekt reproduziert werden, wenn dieselben Musikpassagen an verschiedenen Tagen gespielt werden, selbst bei Personen mit hoher Chill -Reaktions-Sensibilität.

Im Rahmen dieser Arbeit wird, Huron[4] und Sloboda[5] folgend, angenommen, dass Chill-Reaktionen durch musikalische Erwartungsmechanismen verursacht werden. Konečni (2005) argumentierte, dass Begeisterung mit bewegt sein oder berührt sein (*being moved* bzw. *being touched*) und Ehrfurcht (*awe*) als den tiefsten Zuständen, die durch Musik hervorgerufen werden, in Verbindung stehe. Die bisher ausführlichste und komplexeste theoretische Darstellung musikalischer Gänsehaut-Reaktionen zeigt eine enge Verwandtschaft von Schauer und Ehrfurcht gegenüber den grundlegenden Emotionen. Wie schon im vorangegangenen Kapitel gezeigt wurde, ist das Phänomen Gänsehaut nicht allein auf den Stimulus Musik beschränkt. Man kann es erfahren, wenn man am Rande einer Klippe steht, einer Schlange begegnet oder ein Gewitter beobachtet (Huron, 2006). Auch erleben etwa nur 50% der Menschen bei Musik die Gänsehaut-Reaktion. Ehrfurcht ist als Reaktion auf Musik selten vorhanden (Huron 2006, S. 290; Juslin et al., 2013).

Eine weitere relevante Frage betrifft die Vererbbarkeit des Phänomens der Gänsehaut, die durch das Musikhören ausgelöst wird. Wenn die Gänsehaut-Reaktion auf Musik vererbbar wäre, würde dies dann andererseits implizieren, dass wir eine genetische Veranlagung für Musik in unserem Körper haben? Wenn die Gänsehaut-Reaktion dieselbe ist wie die Reaktion auf einen Reiz wie z. B. Kälte, ist es dann möglich, dass die Gänsehaut, die durch das Musikhören ausgelöst wird und die Gänsehaut, die durch andere Reize verursacht wird, denselben emotionalen Mechanismus auslösen, der dieses Phänomen hervorruft?

Durch den Vergleich der Reaktion bei Tieren und Menschen und durch die Analyse des möglichen Auftretens von Gänsehaut beim Menschen in verschiedenen Situationen haben wir eine kurze Vorstellung von den Bedingungen, unter denen das Phänomen auftritt, von den anderen Reaktionen, die es begleiten, und von seinen physiologischen Merkmalen und Funktionen erhalten. Nun möchte ich mit der Anpassungstheorie und der Frage fortfahren, wie das interne System zur Entstehung der Chill-Reaktion beiträgt.

---

[4] siehe Kapitel 5.6

[5] siehe Kapitel 5.5

2.2 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion: Der Beitrag der Evolution

Bei Säugetieren, die ein Fell tragen, sorgt die Gänsehaut dafür, dass sich ihr Fell aufrichtet, um sie warm zu halten, oder sie vergrößern sich, um Raubtiere abzuschrecken. Diese Aussage betont nur die funktionelle Rolle der Gänsehaut und beschreibt nicht, woher dieses Verhaltensphänomen kommt. Wie dieses Verhalten zustande gekommen ist und die Analyse der Gründe und Mechanismen sind sehr interessante Themen sowohl für Ethologen als auch für Psychologen.

Es scheint eine Gemeinsamkeit in der Erhaltung des Phänomens der Gänsehaut zu geben, oder genauer gesagt, es scheint etwas Objektives an dem Phänomen zu sein, das es davor bewahrt, mit dem Abbau der biologischen Funktionen zu verschwinden. Menschen haben bestimmte Restorgane oder scheinbar nutzlose Körperteile, die nicht vollständig aus dem Körper entfernt wurden. Sie sind immer noch in unseren Körpern, wie unser Steißbein und die Gänsehaut. Sie sind jetzt weder schädlich für uns noch haben sie einen Einfluss auf unser Überleben oder unsere Fortpflanzung. Wir sehen uns jetzt diese Körperteile an und fragen aus evolutionsbiologischer Perspektive nach dem Zweck dieser Strukturen. Beim rezenten Menschen scheint es jedoch für die Gänsehaut-Reaktion keine der zuvor für Tiere angesprochenen Funktionen mehr zu geben, so dass sich die Frage stellt, warum der Mensch trotzdem noch eine Gänsehaut bekommt. Panksepp (2010) führte deshalb das Konzept des Trennungs-Angst-Systems ein, um die adaptive Funktion der Gänsehaut-Reaktion zu erklären. Er bekräftigt den adaptiven Wert dieser Reaktion, indem er die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als ein Rudiment der menschlichen Anpassung bezeichnet (Panksepp, 1995).

Sowohl Charles Darwin als auch Nikolaas Tinbergen entwickelten ihre Theorien und begründeten diese Verhaltensweisen durch lange Beobachtungen verschiedener Organismen auf der ganzen Welt. Tinbergen, dessen Überlegungen im nächsten Kapitel[6] ausführlicher behandelt werden, vertrat die Position, dass eine umfassende, konsistente Wissenschaft, die einen Hauptrahmen für die Untersuchung des Tierverhaltens bilde, jedem Glied das gleiche Gewicht geben müsse, um einen umfassenden und integrierten Ansatz zur Erklärung des Tierverhaltens zu geben. Dieser Rahmen sei wichtig, denn er bilde die Grundlage für unser Verständnis des Verhaltens von Tieren. Wenn wir uns eine Pflanze ansehen, können wir zeigen, wo die Wurzeln sind, wo die Blüten sind, wie sich die Blüten unterscheiden und wie sie sich von anderen Blüten unterscheiden. Wenn wir das Verhalten eines wilden Tieres untersuchen, sollten Ethologen den Untersuchungsgegenstand, so Tinbergen, nach vier grundlegenden Fragen hin untersuchen, dann auf der Grundlage dieser Fragen Hypothesen aufstellen und die Hypothesen anschließend testen. Dieser Problemrahmen kann in einem ziemlich breiten Spektrum von Kontexten verwendet werden.

[6] siehe Kapitel 2.2.1

2.2.1 Tinbergens vier Fragen

Verhaltensforscher sind immer daran interessiert zu erklären, wie und warum es zu Verhaltensweisen von Tieren und Menschen kommt. Um Strukturen und Verhaltensweisen aus biologisch-evolutionärer Perspektive zu untersuchen, können Tinbergens vier Fragen nicht außer Acht gelassen werden. Im Jahr 1963 stellte Tinbergen in seiner wichtigen Schrift „*On aims and methods of ethology*“ vier grundlegende Fragen zur Etablierung eines Rahmens zur Erforschung des Verhaltens von Tieren. Diese sind auch als Tinbergens *four questions* bekannt. Tinbergen war ein niederländischer Zoologe. Er erhielt 1973, zusammen mit Karl von Frisch und Konrad Lorenz, für seine Arbeiten über das Verhalten von Tieren den Nobelpreis für Medizinische Physiologie.

Tinbergens vier Fragen beziehen sich auf proximate und ultimate Fragestellungen. Tinbergen unterteilt nahe (proximate) und ferne (ultimate) Ursachen in vier grundlegende Fragen: Überlebenswert, Ontogenese, Phylogenese und Verhaltensursachen. Bei proximaten Fragestellungen geht es um die Ontogenese und Mechanismen. Die ultimate Fragestellung betrifft die Phylogenese und Funktion, wobei diese Funktion die adaptive Funktion ist und einen adaptiven Wert beinhaltet. Diese vier Fragen sind miteinander verknüpft und unterscheiden sich voneinander, wobei Ontogenese und Mechanismus auf kürzeren Zeitskalen unmittelbare Ursachen betreffen, während Funktion und Phylogenese auf längeren Zeitskalen entfernte Ursachen sind. Darwins Evolution Theorie wäre ein kleiner Teil davon.

2.2.1.1 Proximate Fragen nach Ursachen

Proximate Ursachen sind alle unmittelbar wirksamen Voraussetzungen für ein Verhalten. Im proximaten Bereich, d. h. über die Ontogenese und die Mechanismen, kann man sehr gut empirisch arbeiten. Der Ethologe Nikolaas Tinbergen formuliert in diesem Zusammenhang zwei Fragen: Die erste Frage zielt darauf, wie die Beziehung zwischen Reiz und Verhalten durch Lernen modifiziert wird. Die zweite Frage bezieht sich immer auf die Frage nach der Kausalität.

Die Ursache im Kontext der proximaten Fragestellung ist der Grund, wie und warum ein Mechanismus eine Leistung bzw. Funktion jetzt realisiert. Die Frage nach Mechanismen bedeutetet nach Tinbergen: Welche Prozesse laufen im Körper ab? Was passiert im Körper? Es geht um chemische, anatomische, physiologische und psychische Prozesse. Es geht aber auch um äußere Auslöser (Reize) und soziale Bedingungen und darum, was die unmittelbare Ursache für ein Verhalten ist. Hinzu kommt die ontogenetische Fragestellung: Wie hat sich das Verhalten entwickelt beziehungsweise wie wurde es erlernt? Wie ist das Verhalten im Verlauf der Individualentwicklung entstanden?

Ein Mechanismus realisiert kausal eine Funktion. Es handelt sich um die funktionale Verarbeitung. Man kann sich die Realisierung einer Funktion durch einen Mechanismus so vorstellen: Etwas muss eine Leistung erbringen, zum Beispiel ein Organ wie das Herz, das einen Blutkreislauf aufrecht erhält: Die Funktion des Herzens ist, den Blutkreislauf aufrechtzuerhalten, in dem es das Blut zirkulieren lässt. Wenn

man nach der Funktion fragt, geht es auch um das *How*, das Wie. Dann kann man sich genauer angucken, wie die einzelnen Abläufe vonstattengehen, die die funktionale Verarbeitung durchführen. Es ergibt sich die Frage, wie physikalische kausale Mechanismen aussehen, die diese Leistung, in dem Beispiel die Blutzirkulation, erbringen. Insofern sind Mechanismus und funktionale Verarbeitung miteinander gekoppelt. Ein Mechanismus ist mit Kausalität bzw. Ursache-Wirkungs-Beziehungen verbunden. Wenn man in diese Richtung denkt, ist es heutzutage in der physikalischen oder in der physiologischen Erklärung verankert. Wenn man an den neuronalen Mechanismus denkt, gibt es auch eine Kausalität, die erklärt, wie das Nervensystem funktioniert, um bestimmte Ergebnisse zu erzielen. Man schaut zuerst, was die Neurowissenschaften sagen und nutzt bildgebende Verfahren, die beispielsweise zeigen, dass das Broca-Areal aktiv wird, wenn jemand Sprache hört, da der Blutfluss verstärkt wird. Der nächste Schritt besteht darin, zu untersuchen, was dann in diesem Bereich passiert und das führt zu den physikalischen oder physiologischen Mechanismen. Das sind die Neuronen, die auf eine bestimmte Weise arbeiten, damit gewisse Prozesse stattfinden können. Dabei spielen molekulare Reaktionen oder Prozesse eine wichtige Rolle, was den Bereich der physikalischen Mechanismen stark betrifft.

Der Reiz ist eine unmittelbare wirksame Voraussetzung für ein Verhalten (Tinbergen, 1963). Da gibt es zum einen interne physiologische Faktoren also körperlich gesteuerte Prozesse. Es handelt sich zum Beispiel um physiologische Prozesse in Sinneszellen, Muskelzellen, Nervenzellen aber auch um Änderungen des Hormonspiegels. Es gibt auch äußere Faktoren. Das sind Reize aus der Umwelt. Darunter zählen zum Beispiel die Temperatur oder der Wechsel von Tag und Nacht. Dies sei am Beispiel des Buchfinken illustriert: Im Frühling wird der Tag länger und dadurch kommt es zur Ausschüttung verschiedener Hormone, die den Buchfink dazu veranlassen, zu singen. Man kann daran wieder das Wechselspiel zwischen äußeren Faktoren und inneren Faktoren erkennen.

Die Ontogenese betrifft die Verhaltensänderungen mit zunehmenden Alter und welche Erfahrungen nötig sind, damit diese sich zeigen. Zum Beispiel: Ein Buchfink wird nicht direkt nach dem Schlüpfen aus dem Ei singen können. Er singt, weil er den Gesang von seinen Eltern und benachbarten Vögeln gelernt hat. Das Balzverhalten wird sich nicht bei frisch geschlüpften Jungvögeln beobachten lassen, denn es ist zum Teil ein sehr kompliziertes Verhaltensmuster. Der Balz-Tanz einer männlichen Stockente wird von dem Anstieg des Hormonspiegels ab einem gewissen Alter induziert. Es gibt aber auch charakteristische Verhaltensweisen bei Jungtieren wie das Betteln um Nahrung, das in der Regel mit zunehmenden Alter nicht mehr auftritt.
Komplexe Verhaltensweisen sind nicht ausschließlich genetisch bedingt, sie sind auch erlernt. Bei genetisch bedingten Verhaltensweisen geht es um ultimate Ursachen. Ultimate Betrachtungen können als Analyse eines Verhaltens über einen langen Zeitraum betrachtet werden. Dies ist die evolutionäre Perspektive, die sowohl die Phylogenese als auch die adaptive Funktion umfasst und für die folgende Fragen von Bedeutung sind: Wozu dient dieses Verhalten? Was ist dessen adaptive Funktion? Was ist der unmittelbare Nutzen des Verhaltens für das Individuum? Woher kommt dieses Verhalten? Wie ist das Verhalten im Verlauf der Stammesgeschichte entstanden?

2.2.1.2 Ultimate Fragen und Ursachen

Ultimate Ursachen zielen auf evolutionsbiologische Zusammenhänge von Verhaltensweisen, wie dies anhand der Fragen von Tinbergen auch deutlich wird. Erstens gibt es, wie schon angedeutet, die Frage nach der adaptiven Funktion bzw. dem Nutzen einer Verhaltensweise: Wie beeinflusst die Verhaltensweise die Überlebens- oder Fortpflanzungschancen die *fitness* eines Tieres? Die zweite auf ultimate Ursachen zielende Fragestellung betrifft die Verhaltensweise aus Sicht der Phylogenese bzw. der Stammesgeschichte: Wie hat sich Verhalten im Laufe der Phylogenese einer Gattung entwickelt? Beispielsweise hat sich der komplexe Gesang des Buchfinken aus einfachen stammgeschichtlich älteren Lautäußerungen entwickelt. Inwiefern ist die Verhaltensweise genetisch determiniert? Die Fragen nach den Ursachen im Kontext ultimater Fragestellungen betrifft den Grund, warum etwas im Laufe von Jahrmillionen der Geschichte überhaupt existiert hat.

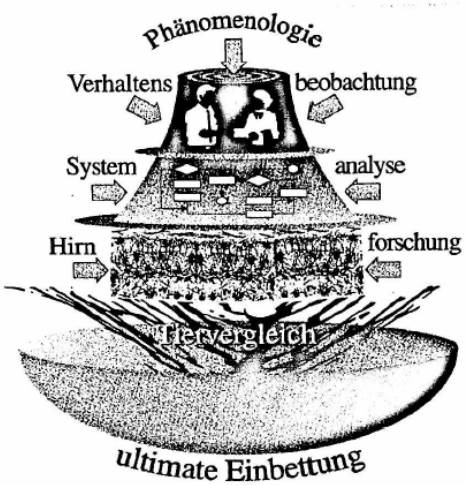

Abb. 1, Bischof, 2008, S. 548

2.2.1.3 Zusammenfassender Kommentar

Tinbergens *four questions* bieten einen umfassenden theoretischen Hintergrund für die Untersuchung des musikalischen Verhaltens und der daraus resultierenden Gänsehaut-Reaktion, zu der die Untersuchung von Emotionen im Rahmen der Psychologie sowie die Untersuchung von Emotionen im Rahmen der Neurowissenschaften zusätzlich beitragen. Durch den Rahmen den Tinbergens *four questions* stecken, kann die Gänsehaut-Reaktion in Hinblick auf kausale und nicht-kausale Beziehungen eingehender analysiert werden, da das Verhalten von Tieren auf proximaten und ultimaten Ursachen beruht.

Um psychologische, ethologische und physiologische Forschungen zu verbinden, führt Norbert Bischof (2008) verschiedene Anforderungen auf. Diese beinhalten eine aufmerksame und absichtsfreie Beobachtung des Verhaltens sowie phänomenologische Betrachtungen. Darüber hinaus liegt der Fokus der Psychologie auf der Untersuchung von Systemstrukturen, wobei die proximate Forschung eine zentrale Rolle spielt. Er betont, dass die Interpretation der Ergebnisse der physiologischen Hirnforschung von den psychologischen Hypothesen über die Wirkungszusammenhänge abhängt, die die psychischen Prozesse

realisieren. Der Vergleich mit Tieren bleibt unverzichtbar, solange er auf direkten Beobachtungen basiert, um die Unterschiede zwischen der Spezies Homo sapiens und anderen Lebewesen deutlich zu machen. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass die ultimate Einbettung des Systemgeschehens zusätzlich zum Tiervergleich für eine vollständige Erklärung notwendig ist[7]. Es ist wichtig zu beachten, dass Verhaltensweisen nicht nur durch eine einzige Ursache erklärbar sind, sondern immer durch mehrerer ultimate und proximate Ursachen. So sollte jede Verhaltensweise durch proximate und ultimate Ursachen erklärt werden. Während das Phänomen der durch Kälte oder Angst verursachten Gänsehaut-Reaktion sowohl in Bezug auf die unmittelbaren als auch auf die entfernten Ursachen in Einklang mit Tinbergens Konzept zu stehen scheint, ist weniger klar, warum die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, beibehalten wurde. Obwohl die durch Musikhören hervorgerufene Gänsehaut-Reaktion als eine positive und angenehme Emotion bewertet wurde, trägt sie nicht mehr direkt zur Anpassung bei. Daher gestaltet es sich schwierig, das Phänomen kausal zu erklären. Allerdings sollte auch die durch Musik evozierte Gänsehaut-Reaktion durch Ursache und Wirkung erklärt werden. Wenn die Gänsehaut-Reaktion auf Musik jedoch als positive Emotion bewertet wird, stellt sich die Frage, welche Rolle Emotionen im gesamten Evolutionsprozess spielen und wie Emotionen Verhaltensweisen beeinflussen. Warum kommt es gerade zu dieser Gänsehaut-Reaktion? Warum liegt nicht irgendeine andere Reaktion vor?

Wenn Tiere sich bedroht fühlen, reagieren sie automatisch, indem sie ihr Fell aufstellen und sich größer machen, um potenzielle Feinde abzuschrecken. Doch diese Reaktion ist nicht in allen Situationen anwendbar. Einige Tiere haben sich zum Beispiel in der Evolution so entwickelt, dass sie Geschwindigkeiten von bis zu 500 km/h erreichen können, während Menschen möglicherweise Flugzeugen entwickelt haben, um sich freier fortbewegen zu können. Wir wissen auch, dass die Natur äußerst raffinierte Tarnmechanismen hervorgebracht hat, wie es bei einigen Schlangen und Chamäleons zu beobachten ist. Warum haben Menschen dann nicht ähnliche Tarnfähigkeiten wie Chamäleons entwickelt? Im Vergleich zu der Reaktion, das Fell aufzustellen, wären Tarnfähigkeiten für den Menschen offensichtlich besser geeignet, um Feinde zu verwirren und Risiken zu vermeiden. Evolution ist ein äußerst komplexer Prozess.

2.2.2 Evolution und die genetische Perspektive

2.2.2.1 Natürliche und sexuelle Selektion

Darwin stellte seine Ideen zur Evolutionstheorie erstmals 1859 in seinem Buch „*The Origin of Species*“ vor. Der Hauptzweck seiner Theorie ist, zu erklären, wie sich eine Art im Laufe der Zeit und in verschiedenen Umgebungen entwickelt hat und andere Arten hervorgebracht wurden. Eine Erklärung erfolgt, indem eine Verbindung zwischen natürlicher Selektion, gemeinsamer Abstammung und vererbbaren Unterschieden hergestellt wird. In der durch Darwin eingeleiteten Evolutionstheorie spielt die Selektion in Form von natürlicher und sexueller Selektion eine zentrale Rolle. Die Grundidee hinter der Selektion ist,

[7] siehe Abb, 1, S. 21

dass es Variationen geben muss, damit sie überhaupt funktionieren kann. Diese Variationen, die in der Biologie für die evolutionäre Entwicklung wichtig sind, entstehen durch Mutationen der Gene. Dieses evolutionäre Denken wird häufig mit dem Konzept der Anpassung gleichgesetzt. Darwins Evolutionstheorie hat zwei Teile: natürliche Selektion und sexuelle Selektion. Zum einen geht es um das Überleben, dass heißt die natürliche Selektion. Irgendwelche Tiere überleben, um sich besser reproduzieren zu können. Das andere ist die Frage, inwieweit man direkt auf die Reproduktion schließen kann, dass ein Individuum möglichst Nachwuchs produzieren kann.

Die natürliche Auslese bzw. Selektion führt niemals dazu, dass ein Organismus eine Struktur hervorbringt, die ihm mehr schadet als nützt, denn die natürliche Auslese wirkt ausschließlich im Interesse und zum Nutzen einer Art. Kein Organ und keine Verhaltensweise wird zu dem Zweck gebildet, dem Organismus Schmerzen oder Schaden zuzufügen. Wenn man den Nutzen und den Schaden der verschiedenen Teile gerecht gegeneinander abwägt, stellt man fest, dass alle Teile in ihrer Gesamtheit von Vorteil sind. Wenn im Laufe der Zeit und durch die Veränderung der Lebensbedingungen ein Teil schädlich wird, muss er sich verändern; wenn nicht, muss das Lebewesen aussterben, so wie unzählige andere Lebewesen bereits ausgestorben sind.

Die Ökologie der Erde ändert sich: Was wir heute zum Beispiel in einem tropischen Regenwald sehen, könnte in 10.000 Jahren ganz anders aussehen. Die Pflanzen und Tiere, die einst dort lebten, könnten in tausenden von Jahren durch neue Arten ersetzt worden sein und ein neues Ökosystem geschaffen haben. Der Wandel der Zeit geht immer mit dem Untergang eines Ökosystems und dem Entstehen eines Neuen einher, so dass die natürliche Auslese die Population bestimmt, die in einem neuen Ökosystem entsteht. Umgekehrt werden diejenigen, die sich nicht anpassen können, durch natürliche Selektion reduziert. Es gibt verschiedene Arten von natürlicher Auslese: Naturkatastrophen, vom Menschen verursachte Katastrophen, auch das Entstehen einer besonders fruchtbaren Art, was ebenfalls eine Form der natürlichen Auslese ist. Denn eine solche Art wird sich allmählich ausbreiten bis sie die bereits aussterbende Art ersetzt hat.

Es ist auch nicht möglich, dass einer Art das Überleben anderer Arten um ihrer selbst willen völlig gleichgültig ist. Obwohl die natürliche Auslese bei einer Art keine Variation hervorbringen kann, die für eine andere völlig vorteilhaft ist, nutzt eine Art in der Natur oft die Strukturen anderer Arten zu ihrem eigenen Vorteil und kann dabei oft Strukturen hervorbringen, die für andere Arten direkt schädlich sind, wie z. B. die Giftzähne der Grubenotter. Obwohl es umstritten ist, ob einige Strukturen einer Spezies zum Nutzen einer anderen entstanden sind, war Darwin nicht dieser Meinung und vertrat die Ansicht, dass solche Strukturen nicht durch natürliche Selektion entstanden sein könnten. Alle Arten entstehen, unabhängig davon, ob sie ihren eigenen Nutzen aus anderen Arten ziehen und diese dazu veranlassen, schädliche Strukturen zu schaffen, aber keine existiert ausschließlich zum Nutzen anderer Arten, was bedeutet, dass alle Arten offenbar ein Gleichgewicht in ihrer Umwelt anstreben, um zu überleben.

Darwin (1859) erwähnte zum Beispiel, dass die Klapperschlange ihre Reißzähne zur Selbstverteidigung und zum Töten ihrer Feinde einsetze. Aber es ist außerdem anzunehmen, dass sie auch zu ihrem eigenen Schaden eine ‘Rassel’ hat, die ihre Feinde vorwarnt und alarmiert. Es ist jedoch plausibler,

dass die Klapperschlange ihre ‘Rassel’ benutzt, um die vielen Vögel und anderen Tiere einzuschüchtern, die selbst die giftigsten Schlangen angreifen. Dieses Verhalten der Schlange ist vergleichbar mit der Art und Weise, wie eine Henne ihre Federn aufstellt und ihre Flügel spreizt, wenn sie einen Hund sieht, der sich ihren Küken nähert. Es gibt viele Arten, mit denen Tiere versuchen, ihre Feinde zu verscheuchen, wie z. B. die bereits erwähnten Katzen, die ihren Körper wölben und ihr Fell aufstellen und man sieht oft, wie sich das Fell oder die Federn von rivalisierenden und wütenden Männchen aufstellen und ihr Körper dadurch größer wird. In solchen Fällen kann es sein, dass sie sich ihren Feinden gegenüber größer und furchteinflößender darstellen wollen. Das Prinzip ist immer dasselbe: Tiere versuchen, ihre Feinde in vielerlei Hinsicht zu verjagen, um Sicherheit für ihr Überleben zu erlangen.

Die Rolle, die Variation und natürliche Auslese in Bezug auf die Gänsehaut-Reaktion spielen können, kann nicht ignoriert werden (Tomasello, 2020). Denn es wurde festgestellt, dass diejenigen des männlichen Geschlechts, denen es gelingt, sich für Rivalen oder andere Feinde am furchterregendsten erscheinen zu lassen, ohne überwältigende Gewalt anzuwenden, im Durchschnitt mehr Nachkommen hinterlassen, die ihre charakteristischen Eigenschaften erben, was auch immer sie sein mögen und wie sie ursprünglich erworben wurden, als andere männlichen Geschlechts.

Darwin glaubte, dass nicht nur die natürliche Selektion, sondern auch die sexuelle Selektion eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Arten spiele. Insbesondere bei vielen männlichen Tieren, wie den schönsten Vögeln, einigen Fischen, Reptilien, Säugetieren und prächtig gefärbten Schmetterlingen, sowie auch dem Gesang der Vögel, resultieren die herausragenden Merkmale aus der sexuellen Selektion. Das bedeutet, dass die Weibchen die schöneren Männchen bevorzugt auswählen. Durch diesen Mechanismus werden im Laufe der Zeit bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen bei den Männchen gefördert und verstärkt, da sie dadurch eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, sich fortzupflanzen und ihre Gene weiterzugeben. Die sexuelle Selektion trägt somit maßgeblich zur Entstehung und Entwicklung von Merkmalen bei, die zur Partnerwahl und zum Paarungserfolg beitragen.

Wenn wir evolutionäres Denken in der psychologischen Forschung anwenden, besteht oft das Missverständnis, dass natürliche oder sexuelle Selektion bedeutet, dass alles anpassungsfähig sei, dass alles, was wir tun, alles, was wir denken, anpassungsfähig sei. Das ist nicht wahr. Die Evolutionsforschung unterscheidet ganz allgemein zwischen Anpassungen, Nebenprodukten und Zufällen. In der Psychologie gibt es viele Debatten über den Umfang der evolutionären Erklärung. Ein Großteil der Debatten dreht sich darum, was Anpassung sei und was nicht. Es gibt einige eindeutige Fälle: So sind beispielsweise Dinge, die uns im Alltag interessieren oder faszinieren, mit ziemlicher Sicherheit aus Sicht einer evolutionären Erklärung Zufälle. Dass wir im Alltag gerne Schokolade oder Süßigkeiten essen, weil Menschen mit einem großen Interesse für Süßes besser an die Natur angepasst sind als solche, die das nicht tun, stimmt nicht, denn Schokolade gab es in der Frühzeit der Menschen in Afrika nicht. Vielmehr liegt es daran, dass wir ein Interesse für Süßigkeiten entwickelt haben. Und wir haben ein Interesse für Süßigkeiten entwickelt, auch weil die süßen Lebensmittel in unserer natürlichen Umgebung, wie z. B. Obst, gut für uns sind. Nun haben wir die Schokolade erfunden, aber Schokolade ist wahrscheinlich nicht so gesund für uns, aber wir essen sie

trotzdem gern. Wenn man eine Gänsehaut durch Musikhören bekommt, ist es nicht der Fall, dass die Gänsehaut-Reaktion durch natürliche Selektion entstanden ist, sondern sie kann ein Nebenprodukt oder ein Zufall sein, ebenso wie Schluckauf oder Blähungen nach dem Essen.

Später in den 1980er Jahren waren viele Biologen skeptisch gegenüber dem Modell der sexuellen Selektion mit „guten Genen", das davon ausging, dass die Fitness über viele Generationen hinweg vererbbar bleibe. Fisher (Fisher, 1930) argumentierte, dass die Selektion die genetische Variation reduzieren und unerwünschte Gene verdrängen solle, wodurch die Heritabilität der Fitness im evolutionären Gleichgewicht auf Null reduziert werde. Die Debatte über die Fitness dauert bis heute an, aber es gibt immer mehr Beweise dafür, dass die Fitness bei vielen Arten die meiste Zeit über vererbbar bleibt. Dies geschieht wahrscheinlich durch eine Kombination aus wechselndem Selektionsdruck (z. B. geografische Vielfalt der Lebensräume in Verbindung mit Migration und Koevolution von Wirt und Parasit) und fortlaufenden schädlichen Mutationen. Jüngste genetische Analysen deuten darauf hin, dass im menschlichen Stammbaum in den letzten Millionen Jahren mindestens 1,6 neue schädliche Mutationen pro Generation aufgetreten sind (Eyre-Walker & Keightley, 1999). Dies ist wahrscheinlich mehr als die Mutationsrate, die die natürliche Auslese in Abwesenheit sexueller Auslese für genetische Qualität hätte einschließen können. Mit anderen Worten: Die meisten genetischen Mutationen sind heute Viren, Missbildungen usw., so dass man annimmt, dass genetische Mutationen nicht die treibende Kraft der menschlichen Evolution sind.

Ähnlich wie Musik geben schöne Artefakte Informationen über die Gesundheit ihres Schöpfers. In einigen Fällen können Ornamente als Zeichen für körperliche Stärke verwendet werden (Miller, 2001), was zuverlässig Aufschluss über die körperliche Fitness eines Individuums geben kann, ohne dass hohe Überlebenskosten anfallen. Obwohl schöne Artefakte keine Bedeutung für das Überleben haben, liefern sie Informationen über die Gesundheit des potentiellen Partners, die sich nicht durch natürliche Selektion erklären lassen, da die Auswahl eines gesunden Partners die Qualität des genetischen Erbes verbessert (Miller, 2000B).

Miller (1993) stellt die Theorie auf, dass die geistige Entwicklung des Menschen durch unkontrollierte sexuelle Selektion angetrieben wurde. Er behauptet, dass Frauen zufällig eine sexuelle Vorliebe für kreative Intelligenz entwickelten, Männer mit kreativerer Intelligenz mehr Sexualpartner anziehen und mehr Nachkommen produzieren würden. Die Nachkommen würden die Fähigkeit zu intelligentem Balzverhalten erben. Über mehrere Generationen hinweg würde die durchschnittliche kreative Intelligenz des Stammbaums rasch ansteigen, was erklären könne, warum die Größe des Gehirns sich in nur zwei Millionen Jahren verdreifacht habe.

Die Entstehung des menschlichen Gehirns gilt als Wunder der natürlichen Evolution, aber wir kennen den Ursprung des Gehirns noch nicht, ebenso wenig wie den Ursprung des Geistes. Aber Kognitionspsychologen und Neurowissenschaftler sind überzeugt, dass sich unsere kognitiven Mechanismen nicht zufällig, sondern zum Zwecke des Überlebens und der Fortpflanzung entwickelt haben. Man könnte sagen, dass sie durch natürliche Selektion zur Lösung bestimmter Probleme geformt wurden.

Durch die Herausforderung der natürlichen Selektion versuchen alle Arten, eine Balance zu finden und mit ihrer Umwelt zusammenzuleben. Die sexuelle Selektion ist komplizierter als diese. Zu Darwins Zeit gab es noch keine Genforschung. Das heißt, das Wissen über die Mutation der Gene und die Entwicklung der Gentechnik erfolgte erst im 20. Jahrhundert. Es scheint, dass die natürliche Auslese durch den Wettbewerb zwischen Individuen stattfindet, um zu überleben. Aber dies ist nicht der Fall. Richard Dawkins geht davon aus, dass die Gene, die ein Organismus in sich trägt diesen auf egoistische Weise steuern, damit sie erhalten bleiben und an Verwandte oder andere Individuen derselben Art weitergegeben werden können (Dawkins, 1976). Nicht das Individuum, sondern der Genpool einer Art unterliegt der Auslese.

2.2.2.2 Die genetische Perspektive

Einige kognitive Funktionen wie Sprache und Musik gelten als typisch menschlich. Die Debatte über angeborene und erworbene musikalische Fähigkeiten sowie über das, was man oft als musikalische Begabung bezeichnet, hat in der Biologie umfangreiche Diskussionen ausgelöst und die Untersuchung von Genen hat neue Forschungsrichtungen in diesem Bereich eröffnet. Die Frage, ob es möglich ist, Gene zu finden, die mit musikalischen Fähigkeiten oder Begabungen zusammenhängen, oder ob es sich um Variationen der Gene handelt, oder ob sie das Ergebnis der Wirkung mehrerer Gene sind, ist zu einem Thema von großem Interesse geworden. Im dritten Kapitel wird das Trennungs-Angst-System von Jaak Panksepp (Panksepp, 2003; 2010) erörtert. Trennungsangst ist eine emotionale Reaktion, die in der Regel mit der Trennung oder dem Verlust enger Beziehungen in Verbindung steht. Musik kann diese Emotionen hervorrufen, uns emotional aufwühlen und Gänsehaut erzeugen. Zum Beispiel kann das Hören des Weinens eines Kleinkindes bei einer Mutter ein emotionales Mitgefühl auslösen, da es mit mütterlicher Verantwortung und der natürlichen Neigung zur Fürsorge verbunden ist. Diese Neigung tritt nicht nur bei Menschen auf, sondern auch bei einigen Tieren. Die evolutionäre Perspektive betont, dass Individuen in erster Linie ihre eigenen Interessen im Hinblick auf Überleben und Fortpflanzung priorisieren. Die Frage ist, warum es dieses Verlangen gibt, sich um andere zu kümmern. Ist diese Neigung durch gemeinsame Gene bedingt? Es ist jedoch möglich, dass andere Arten einen oder mehrere der Mechanismen teilen, die die musikalische Fähigkeit, die Musikalität, ausmachen (Honing, 2015). Durch das Vergleichen von verwandten Arten wie zum Beispiel Menschen, Affen und Menschenaffen, zeigt sich, dass sie möglicherweise ähnliche Mechanismen nutzen, weil sie ähnliche Lösungen für ähnliche Probleme aufweisen (Honing, 2015). Durch Vergleichen lässt sich feststellen, was dem Menschen eigen ist und was er mit anderen Tieren teilt. Wenn zwei Arten ein bestimmtes musikalisches Merkmal gemeinsam haben, kann man daraus schließen, dass ihr letzter gemeinsamer Vorfahre (LCA[8]) dieses Merkmal ebenfalls hatte. Durch die Untersuchung dieser homologen Merkmale in einer natürlichen Artengruppe (d. h. einer Klade) kann man den Ursprung dieses Merkmals bestimmen (Honing, 2015). Es kann allerdings auch sein, dass sie dasselbe Gen haben, das auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgeht, aber der Weg oder die Entwicklung dazwischen nach Tinbergen

[8] *last common ancestor*

eventuell anders ist. Der Vergleich all dieser Faktoren trägt zum Verständnis des musikalischen Phänotyps bei, um festzustellen, ob es ausreichende Beweise dafür gibt, dass Musikalität ein evolutionäres Merkmal beim Menschen ist (Altenmüller et al., 2013). Das Potenzial, Menschen von anderen Tieren zu unterscheiden, hängt von den Informationen ab, die in der DNA enthalten sind (Pinker, 2002).

Es wurde festgestellt, dass Tiere, die mit Angst konfrontiert werden, entweder kämpfen, fliehen oder erstarren werden („3F“[9]). Dieses Verhalten wird durch die natürliche Auslese gesteuert, die sich oberflächlich betrachtet im Wettbewerb zwischen den Individuen um das Überleben auszudrücken scheint, aber in der Tat ist die Einheit der natürlichen Auslese weder der einzelne Organismus noch die Gruppe, sondern die Gene, die der Organismus in sich trägt (Dawkins, 1976).

Was die Gene anbelangt, kann man sich gut vorstellen, dass sie sehr schwer zu beobachten sind. Man muss eine molekularbiologische Analyse durchführen, um einen Genotypus zu bestimmen. Die Gene sorgen dafür, dass eine bestimmte Gattung existieren kann. Die Gene des Menschen legen seinen Genotypus fest. Der Genotypus des Menschen bestimmt seine allgemeine Erscheinung: Ein Mensch hat beispielsweise zwei Beine und ein Gehirn mit einer gewissen Form. Genotypus und Phänotypus sind Konzepte der Evolutionsbiologie. Der Genotypus bildet die Gesamtheit der Erbfaktoren eines Lebewesens. Beispielsweise bestimmt der Genotypus, dass ein Mensch kein Hund ist. Der Phänotypus dagegen stellt das durch Erbanlagen und Umwelteinflüsse geprägte Erscheinungsbild eines Organismus dar: wie ein Mensch aussieht und wie er läuft.

Biologen betrachten den Menschen und stellen fest, dass das Aussehen durch Gene gesteuert wird. Obwohl die Gene im Allgemeinen bei Menschen ähnlich sind, führen verschiedene Faktoren wie Erziehung und Umwelt zu Modifikationen, wodurch Menschen unterschiedlich werden. Ein Teil des Aussehens ist durch die Gene bis zu einem gewissen Grad vorbestimmt, während der andere Teil die physische Erscheinung betrifft. Beide Aspekte sind biologisch – der sichtbare Teil, den wir im Spiegel sehen, wird als Phänotypus bezeichnet. Das, was das generelle Aussehen bestimmt, ist der Genotypus, der bestimmt, dass es sich um einen Menschen handelt und nicht um eine Maus oder etwas anderes. Der Genotypus kann nicht direkt beobachtet werden, sondern erfordert molekularbiologische Analysen. Im Allgemeinen basiert die Beobachtung auf der Struktur und dem Verhalten. Der Genotypus stellt die genetische Grundlage dar, die das Potenzial für bestimmte Merkmale und Verhaltensweisen bestimmt. Der Phänotypus hingegen bezieht sich auf die tatsächlichen beobachtbaren Ausdrucksformen, die durch die Wechselwirkung von Genotypus und Umwelt entstehen. Beide Konzepte sind wichtig, um das Verständnis von menschlichen Merkmalen und Verhaltensweisen, einschließlich des musikalischen Verhaltens, zu erweitern. Im Zusammenhang mit dem musikalischen Verhalten bezieht sich der Phänotypus darauf, wie Menschen sich mit Musik verhalten, sei es durch Tanzen oder das Spielen bestimmter Instrumente.

Das ‘Sprachgen’ FOXP2 wurde beim Menschen identifiziert (Patel, 2000). Menschen und Vögel haben es gemeinsam. Das Sprachgen ist dafür verantwortlich, dass wir sprechen und die Vögel singen

[9] Die Abkürzung „3F“ steht in diesem Zusammenhang für die drei möglichen Reaktionen von Tieren auf eine Angstsituation, nämlich kämpfen, fliehen oder erstarren (*figh*t, *flee*, *freeze*). Diese Reaktionen sind eine gängige Beschreibung des Verhaltens in solchen Situationen.

können. Eine Variation in diesem Gen wurde erstmals auf dem menschlichen Chromosom 7 identifiziert, die zu Sprach- und Sprachentwicklungsstörungen führt, wie z. B. Beeinträchtigungen bei der Artikulation und beim Schreiben (Patel, 2000). Gehirnscans solch geschädigter Personen zeigten Anomalien in den Basalganglien (Vargha-Khadam et al., 1998), von denen man annimmt, obwohl uns noch nicht klar ist, wie sich dieser Gendefekt auf die Basalganglien auswirkt, dass sie eine wichtige Rolle bei der Sprachfunktion spielen. Aber dieses Gen hilft uns, einen Zusammenhang zwischen Genen und Verhalten zu erkennen. Dieses Gen wurde auch bei Tieren gefunden, was darauf hindeutet, dass der Mensch eine tiefe Homologie (*deep homology*) mit anderen Tieren zu teilen scheint (Scharff & Petri 2011). Wenn jemand sich für die Beziehung zwischen Sprechen, Musik und Vogelgesang interessiert, ist eine tiefer gehende Auseinandersetzung mit FOXP2 unumgänglich.

Zu Darwins Zeit gab es noch keine Forschung über Gene, aber heute entwickelt sich die genetische Forschung, die Darwins Ideen erweitert. Beispielsweise ist das eben angesprochene FOXP2 als Gen für die Sprache bekannt (Lai et al., 2001) und hilft die Ursprünge der Sprache zu verstehen. Es gibt die Vermutung, dass vielleicht ein Segment des Gencodes das Geheimnis ist, das uns die Fähigkeit zu sprechen gegeben hat (Patel, 2010). Es wurde festgestellt, dass dieses Gen nicht aufhört, sich zu entwickeln. In diesem Sinne ist die evolutionäre Sicht der Sprachfähigkeit überzeugend. Die Genforschung kann die Kluft zwischen Psychologie und Physiologie schließen (Pinker, 2002).

Im Jahr 1901 entdeckte der niederländische Biologe Hugo Marie de Vries, dass Merkmale, die bei den Vorfahren nicht vorhanden waren, plötzlich bei den Nachkommen auftraten und von Generation zu Generation weitergegeben wurden. Aber damals kannte er die Ursache der Mutation noch nicht. Etwa 50 Jahre später, im Jahr 1953, entdeckten der amerikanische Molekularbiologe James Watson und der britische Biologe Francis Crick die DNA. Watson und Crick vermuteten 1953, dass die DNA das Molekül ist, das die genetische Information trägt. Da die DNA tatsächlich das biologische Molekül ist, das die genetische Information trägt, unterstützte diese Entdeckung die Evolutionstheorie stark.

DNA und Gene sind unterschiedlich: Bei der DNA handelt es sich um einen langen Molekülstrang, eine komplexe organische Verbindung, die in der Zelle als Bestandteil des Chromosoms vorhanden ist und einen funktionellen Platz für die Speicherung genetischer Informationen hat. Die oberen Abschnitte werden als „Gene“ bezeichnet, die DNA ist also eine Sammlung von Genen. Auf diese Weise können genetische Anweisungen in einem Organismus existieren und von Generation zu Generation weitergegeben werden. Die Zelle ist die kleinste Einheit, die die DNA, das Gen, schützt, während wir Menschen ein komplexeres Gebilde sind, das das Gen schützt, so als wären wir ein Auto und das Gen der Fahrer darin, den wir kontrollieren und schützen.

Ein Gen ist der Träger von Erbinformationen, der sich in jeder menschlichen Zelle befindet. Es beschreibt einen Abschnitt auf der DNA, der genetische Informationen enthält. Ein Gen ist für die Zellen sozusagen ein bestimmter Code, den sie entschlüsseln. Dadurch gewinnen sie Informationen, die sie vorrangig für den Aufbau von Proteinen (Proteinbiosynthese) brauchen.

Eine Zelle repliziert sich selbst, wird zu mehreren Zellen, zu allen Arten von Zellen und dann werden alle Arten von Zellen zu mehrzelligen Organismen. Dann entwickeln wir uns nach und nach zu dem, was wir jetzt sind. Wir sind also eine Manifestation der genetischen Entwicklung. Wir sind Träger von Genen, aber wir sind etwas komplizierter: Wir haben Gehirne, wir haben Organe und all diese Dinge sind von den Genen entworfen worden, damit sie besser überleben.

Aus dieser Sicht sind Tiere lediglich eine Möglichkeit für die Gene, eine andere Art von Tier zu schaffen. In der Tat haben Gene, die durch stille Selektion über Milliarden von Jahren erhalten wurden, Überlebensfähigkeiten entwickelt, die unsere gewöhnliche Vorstellungskraft übersteigen. In dieser Hinsicht unterscheidet sich der Mensch im Grunde nicht von den Tieren. Obwohl es einen grundlegenden Unterschied zwischen Menschen und Tieren gibt, liegt dieser Unterschied nicht im Zweck des Überlebens. Denn der Mensch ist demselben Zweck verpflichtet wie andere Tiere – dem Überleben, d. h. der natürlichen Selektion und der Fortpflanzung, d. h. der sexuellen Selektion, seiner Gene.

Die Tatsache, dass Unterschiede in den genetischen Merkmalen zur Entstehung neuer Arten geführt haben, ist ein Beispiel dafür, wie die natürliche Auslese zur Evolution der Arten beigetragen hat. Auch innerhalb ein und derselben Art gibt es Unterschiede auf der genetischen Ebene und auf der Ebene der Merkmale. Bei der menschlichen Spezies gibt es zum Beispiel körperliche Unterschiede wie die Hautfarbe: Schwarz, Weiß, Braun und Gelb. Diese Unterschiede können vererbt werden, so dass ein gewisser Anteil der Spezies erhalten bleibt. Wenn aber dieser Unterschied eines Tages zu einem Faktor der plötzlichen Selektion wird, dann ändert sich die Situation: Wenn sich eines Tages die Umwelt ändert und der Unterschied zwischen den Arten die Gruppe mit dem Unterschied überlebensfähiger macht, dann wird diese Gruppe Gegenstand der natürlichen Selektion. Es ist nicht schwer zu erraten, dass diejenigen, die in die Wüste gehen, neue Arten entwickeln werden, die für die Hitze geeignet sind und dass diejenigen, die in die Arktis gehen, Arten entwickeln werden, die für die Kälte geeignet sind, die beide sehr unterschiedliche Eigenschaften haben sollten.

Das genetische Material repliziert sich selbst, wenn sich die Organismen fortpflanzen, aber gelegentlich treten bei der Replikation Fehler auf, die als Mutationen bezeichnet werden (Dawkins, 1989). Mit anderen Worten, nach der Evolutionstheorie ist alles in der Welt das Ergebnis genetischer Mutationen (Tomasello, 2020). Diese sind Zufallsprodukte, nicht zielgerichtet, nicht zweckmäßig und diese Zufallsprodukte passen sich zufällig an ihre Umgebung an und überleben. Darwins Evolutionstheorie wurde weiterentwickelt: Nämlich die Evolutionsforschung wurde auf die molekulare Analyse von Verhaltensmerkmalen, einschließlich Sozialverhalten, Lernen und Gedächtnis, ausgedehnt (Scharff & Petri 2011).

Bei der Ontogenese des Menschen geht es um die individuelle Entwicklung von Menschen und nicht der Gattung Mensch wie bei Phylogenese. In der Psychologie spricht man von „Entwicklungspsychologie“. Isabelle Peretz beschäftigt sich aus ontogenetischer Sicht mit der Frage, wie das Verhältnis von Genen bei einzelnen Menschen in Bezug auf Musik ist. Was verändert sich? (Peretz, 1996, 2001; Peretz & Zatorre, 2005; Peretz, 2006). Sie meint, es gebe in der phylogenetischen Entwicklung gewisse Schichten im Gehirn,

die sich verdickt hätten und für gewisse Gene zuständig seien. Wenn gewisse Gene besonders gut ausgeprägt seien, führe dies natürlich dazu, dass diese Veränderung in Verbindung mit Stimulation stattfinde. Da es wenige Studien gibt, inwieweit diese Veränderung aufgrund der Umwelt zustande kommt – beispielsweise wenn man Musik gemacht hat–, stellt sich die Frage, ob die spezifische Verdickung einiger Hirnschichten bei Musikern genetisch bedingt ist. Der Genotypus bildet die Grundlage für die Produktion von Sprache und Musik. Es stellt sich die Frage, ob es einen spezifischen Genotypus für Sprache, Musik oder beide gibt. Oder ob Sprache überhaupt in den Genen festgelegt ist. Sind bestimmte Gene für die Sprachfähigkeit verantwortlich oder gibt es eine komplexe Gen-Kontext-Interaktion? Hierbei wird darüber gestritten, ob die Sprachfunktion ausschließlich durch den Genotypus festgelegt ist oder ob Umweltfaktoren eine Rolle spielen. Wenn wir uns darauf beziehen, können wir hinterfragen, welche Hirnstrukturen durch die Gene bestimmt werden. Das wäre der Genotypus der Hirnstruktur. Die Kombination dieser Hirnstrukturen in Interaktion mit der Umwelt führt dann zum Phänotypus, der die Sprache oder andere Fähigkeiten wie Musik oder Kochen repräsentiert. Aus biologischer Sicht beeinflussen die Gene die Ausbildung des Gehirns, das wiederum bestimmte Funktionen wie Sprache, Musik oder Kochfähigkeiten hervorbringt. Die Frage ist, wie eng der Zusammenhang zwischen dem Genotypus (den menschlichen Genen), der Gehirnausprägung und den Gehirnfunktionen, wie etwa Sprache und Musik, ist.

Die menschlichen Emotionen sind komplexe Phänomene, die viele Ausprägungen erfahren wie z. B. Schadenfreude, Melancholie und Sentimentalität. Aber auch Freundschaft, Abneigung, moralische Aggression, Dankbarkeit, Sympathie, Vertrauen, Misstrauen, Vertrauenswürdigkeit, Aspekte der Schuld und einige Formen der Unehrlichkeit und Heuchelei gelten als wichtige Anpassungen, die das altruistische System regulieren (Hamilton, 1964; Trivers, 1971). Jedes Individuum verfügt über altruistische und zugleich auch betrügerische Tendenzen, deren Ausprägung von den Entwicklungsvariablen abhängt, die ausgewählt werden, um die Tendenzen im Gleichgewicht zu halten. Zum Teil aufgrund seiner weitreichenden sozialen Auswirkungen (Tomasello, 2009; Pinker, 2011), insbesondere aus einer streng darwinistischen Perspektive des „Überlebens des Stärkeren“, sollte ein Verhalten, das Anderen auf Kosten des eigenen Selbst zugutekommt, nicht existieren. (Darwin, 1859; Dawkins, 1989). Trotz der Interpretationsschwierigkeiten gibt es jedoch ein fremdbestimmtes Verhalten, das für das menschliche Sozialleben wesentlich zu sein scheint (Tomasello, 2009).

Es ist falsch zu sagen, dass die Evolution die Tiere so geformt habe, dass sie reine Überlebensmaschinen seien. Wenn dies der Fall wäre, dann könnte jegliches Wohlwollen gegenüber Tieren, also das, was ein Tier einem anderen gegenüber zeigt, nicht aus evolutionärer Sicht erklärt werden. Wenn die Evolution uns nur zum Überleben verbindet, warum sollten Tiere dann positive Beziehungen zu anderen Artgenossen haben? Aber das ist natürlich nicht so. Ein einfaches Beispiel: Man stelle sich zwei Gene vor, d. h. zwei Tiere, von denen jedes sein eigenes Gen enthält. Gen A ermöglicht es dem einen Tier, für seine Nachkommen zu sorgen. Mit dem Gen B kann sich das andere Tier nur um sich selbst kümmern. Man stelle sich vor, was mit der nächsten Generation geschieht. Es ist klar, dass Gen A gewinnen wird. Dies ist ein sehr einfacher Fall. Unter dem Gesichtspunkt der natürlichen Auslese bei Tieren, deren Gehirn sich so entwickelt

hat, dass sie ihre Nachkommen fressen, werden Tiere, deren Gehirn sich so entwickelt hat, dass sie sich um ihre Nachkommen kümmern, besser abschneiden. Bei Tieren, die ihre Nachkommen fressen, sind diese Gene eine biologische Sackgasse. Es geht nicht um das Überleben an sich, sondern um die Gene. Diese einfache Tatsache ist der Grund, dass Tiere sich um ihre Kinder kümmern, denn Kinder sind die Werkzeuge der genetischen Reproduktion.

Darwins Evolutionstheorie ging davon aus, dass das Leben von Natur aus egoistisch ist, dass es Überleben ist und dass es sich durch natürliche und sexuelle Auslese entwickelt hat. Nun hat man aber Beweise dafür gefunden, dass das Leben nicht von Natur aus egoistisch ist, sondern dass es sich um eine Beziehung der Koexistenz handelt, in der Tiere sich machmal für das Überleben Anderer opfern. Zusätzlich ist Dawkins' Theorie von großer Bedeutung und die Fortschritte in der Genetik haben die Evolutionstheorie noch solider gemacht. Dies wird nun dargestellt.

Altruistisches und prosoziales Verhalten[10] stellt aus evolutionsbiologischer Sicht seit langem ein faszinierendes Interpretationsrätsel dar. Die Fähigkeit und Bereitschaft, sich sozial zu verhalten, scheint wichtige Auswirkungen auf das Wohlbefinden auf der Ebene des Einzelnen, der Gruppe und der Gesellschaft zu haben (Crick, 1995; Tomasello, 2009; Pinker, 2011). Tiere wie auch Menschen scheinen äußerst komplizierte Beziehungen zu Nicht-Verwandten zu haben. Insbesondere sind Tiere nett zu Nicht-Verwandten. Man ist nett zu Menschen, mit denen man nicht verwandt ist. Dafür gibt es viele Beispiele: Tiere pflegen sich gegenseitig, indem sie beispielsweise Zecken und Käfer von ihren Artgenossen picken. Verschiedene Tiere geben Warnrufe ab. Es ist eigentlich sehr riskant für sie, aber sie geben Warnrufe ab, um andere Tier zu schützen, mit denen sie nichts zu tun haben. Auch teilen sich Tiere oft die Verantwortung für die Betreuung von Kindern. Dies ist ein Verhalten, das aus der Sicht des kaltblütigen genetischen Überlebens durch natürliche und sexuelle Selektion unverständlich ist.

Im Grunde ist also jedes Gen egoistisch, aber wenn alle Gene diesen Egoismus beobachten können, ist es auf den ersten Blick altruistisch. Es geht nicht darum, dass Einzelne versuchen, sich gegenseitig zu eliminieren, um zu überleben, sondern es geht um das Überleben des gesamten Ökosystems. Einer der Vorteile dieser Analyse ist, dass sie uns helfen kann, den Altruismus zu erklären. Die Gene, die überleben, werden diejenigen sein, die sich am meisten vermehren. Tiere sind Mittel zur Genvermehrung. Tiere sind nur eine Möglichkeit für Gene, ein anderes Gen zu erzeugen. Egoistische Gene führen also zu altruistischen Tieren, denn soweit die Evolution auf genetischer Ebene funktioniert, gibt es keinen Unterschied zwischen dem eigenen Körper und dem eines Anderen. Die Logik der Fremdbestimmung ist die letzte Ursache für unsere Gefühle gegenüber unseren Verwandten. Unsere Gene verbinden uns – unsere Gehirne lieben unsere Kinder und unsere Verwandten. Auf diese Weise können sich unsere Gene vermehren. Dies liefert auch den biologischen Kontext für meine Diskussion einer Hypothese über den Ursprung der Musik in Hinblick auf die Förderung des sozialen Zusammenhalts im dritten Kapitel.[11]

---

[10]Altruistisches Verhalten bezieht sich darauf, sich um das Wohl Anderer zu kümmern, ohne die eigenen Interessen zu berücksichtigen. Prosoziales Verhalten bezieht sich auf alle Handlungen, die Anderen und der Gesellschaft zugutekommen, wie Helfen, Teilen, Rücksichtnahme, Zusammenarbeit, Selbstlosigkeit und so weiter. Es ist oft auf freiwilliger Basis, wobei Empathie die Grundvoraussetzung dafür ist.

[11] siehe Kapitel 3.2.4

Tatsächlich kann ein evolutionärer Algorithmus durch die Betrachtung der genetischen Verwandtschaft gewonnen werden (Hamilton, 1964; Trivers, 1971). Aus evolutionärer Sicht wirkt sich die genetische Korrelation darauf aus, wie sehr sich ein Tier um andere kümmert. Solange die Entwicklung eines Wesens evolutionär ist, wird dieses Wesen egoistisch werden, aber die Art des Egoismus wird von den Filterbedingungen abhängen. Alle Arten von Wesen sind nicht von vornherein egoistisch. Es ist der evolutionäre Algorithmus, der sie egoistisch macht. Der Grad des Egoismus hängt von dem Grad ab, in dem ihre Entwicklung evolutionär ist. Damit egoistische Wesen existieren und sich fortpflanzen können, sind sie von der Umgebung abhängig, in der sie existieren. Die Umwelt ist veränderlich, also werden sie sich so entwickeln, wie es für ihre Existenz und relative Stabilität günstig ist, wobei die Umwelt sowohl andere egoistische Körper als auch unbelebte Materie umfasst (Schneck & Berger, 2006).

Wenn also die Gene der Kern unseres Wesens sind, dann sind alle unsere Handlungen, wie Essen, Schlafen und Fortpflanzung, genetisch bedingt und wir führen diese Verhaltensweisen nur durch, um die Gene zu erhalten. Aber bezogen auf Tinbergens *four questions*, würde auf die Frage, warum wir essen, niemand antworten, dass er esse, um seine Gene zu verbreiten. Die Antwort des gesunden Menschenverstands wäre: Ich habe Hunger oder weil das Essen gut schmeckt. Man isst aber, damit man seine Gene in Zukunft weitergeben kann. Tiere tun alles Mögliche, um zu überleben und sich fortzupflanzen, aber eine Kakerlake denkt beispielsweise nicht: „Oh, ich tue das, um zu überleben und mich fortzupflanzen und meine Gene zu verbreiten“. Eine Kakerlake weiß nichts von Genen. Stattdessen unterscheiden sich die Mechanismen, die sie dazu bringen, dass zu tun, was sie tut, von ihrem „mentalen“ Zustand, falls sie einen hat – warum sie diese Dinge tut. Es handelt sich um unterschiedliche Erklärungsebenen. Dabei wird nicht zwischen Tinbergens Konzeption ultimativer Kausalität und proximater Kausalität unterschieden.

Die letztendliche Attraktivität für das Überleben und die Fortpflanzung ist nicht unabhängig von der psychischen Dimension, die zum Teil genetisch bedingt sein könnte. Es stimmt natürlich, dass eine große Veränderung im Leben Traurigkeit oder eine Depression auslösen kann, aber die durch äußere Faktoren verursachte veränderte Stimmung hält einige Zeit an und die Stimmung der Person erholt sich allmählich. Tritt im Laufe der Zeit keine Besserung ein, sollte man davon ausgehen, dass eine pathologische oder psychische Ursache vorliegt.

Musik mag wie etwas erscheinen, das wir für uns selbst erfunden haben. Aber ob wir nun anderen damit eine Freude machen wollen oder ob wir bereit sind, andere glücklich zu machen, es scheint ein altruistisches Element dabei zu sein. Und ein effektiver Altruismus, der sich auf die von den Daten gelieferten Informationen stützt, verbessert das menschliche Wohlergehen auf die beste Weise (Pinker, 2002). Ähnlich wie eine Person in einer Gruppe, die alle glücklicher macht, beliebter ist, könnten es unsere Gene sein, die uns antreiben, uns durch andere glücklich zu fühlen. Es handelt sich um eine kognitive Fähigkeit, warum wir Freude empfinden, wenn wir die Zuneigung anderer erleben, oder warum wir glückliche Emotionen entwickelt haben.

Eine wichtige Forschungsmethode ist es, Tier und Mensch zu vergleichen. Man vergleicht, was Tiere und was Menschen können und stellt sich die Frage, woran es liegen könne, dass sie unterschiedliche Sachen

können und unterschiedliche Verhaltensweisen aufweisen. Man könnte sagen, dass Musik ein Merkmal sei, das sich allein in der menschlichen Gattung finde. Der Frage, ob Musik ausschließlich zum Menschen gehört, sind Wissenschaftler schon länger auf der Spur. Es stellen sich Fragen wie: Können auch Tiere ‘ singen’? Sind es nur höhere Lebewesen wie der Mensch, die Musik kennen? Obwohl nachgewiesen wurde, dass einige Tiere[12] ‘Musik’ machen, ist noch nicht klar, ob sie ‘Musik’ (ästhetisch) wertschätzen können. Es ist sehr schwierig herauszufinden, ob Tiere ähnliche oder die gleichen musikalischen Fähigkeiten haben wie Menschen. Einige Forscher argumentieren, dass die Wertschätzung von Musik eine angeborene menschliche Fähigkeit sei, ein Produkt der Anpassung. Dies wäre dann ein genetischer Determinismus und nicht ein Produkt der Kultur.

Eine andere Ansicht ist, dass Musik ein Produkt der Kultur sei und nichts mit dem Überleben der Spezies zu tun habe. Diejenigen, die an Musik als ein Produkt der Anpassung glauben, haben beispielsweise experimentell festgestellt, dass Säuglinge harmonische Klänge gegenüber dissonanten Klängen bevorzugen (Peretz, 2006). Andere Wissenschaftler sind jedoch, wie Pinker (1997), der Meinung, dass musikalische Eigenschaften beim Menschen nicht genetisch bedingt seien, sondern ein Nebenprodukt allgemeiner auditiver Eigenschaften. Um zu beweisen, dass es ein spezifisches menschliches Gen gibt, muss man mit Tausenden von Menschen aus allen Teilen der Welt zusammenarbeiten, damit eine entsprechende Gruppe zusammenkommt und tatsächlich sagen kann, was die genetische Grundlage der Musik ist, so dass die genetische Grundlage des Genoms im Sinn einer biologischen Erklärung wirklich gefestigt wird.

Aus der Evolutionären sowie Vergleichenden Musikwissenschaft lässt sich ablesen, was uns die Fähigkeit, Musik zu machen, als wichtige biologische Funktion gelehrt hat und wie Musik als äußerer Reiz dazu geführt hat, dass das Phänomen der Gänsehaut besser verstanden wurde.

Die Neurowissenschaften helfen dabei, mentale Prozesse auf physiologischer, biochemischer und molekularbiologischer Ebene zu verstehen. Gleichzeitig sind die Erklärung der Kognitiven Psychologie aus der Sicht der Evolution und die Erklärung der Evolutionstheorien aus der Sicht der kognitionspsychologischen Forschung nur Unterschiede in den Forschungsparadigmen. Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Studienbereich. Andererseits bietet die evolutionäre Perspektive einen methodischen Ansatz für die Kognitive Psychologie in der Evolutionspsychologie. Die menschliche psychologische Aktivität kann jedoch nicht durch Beobachtung im Labor oder durch das Verständnis der Bewegung von Elementarteilchen verstanden werden. Auch die Biochemie und Molekularbiologie können keine genaue Erklärung dafür liefern, wie die menschliche psychische Aktivität funktioniert und wie ihre Funktionen in einem bestimmten Fall ablaufen.

Das menschliche Gehirn unterscheidet sich von den Gehirnen von Ratten, Katzen und Affen. Aber gleichzeitig sieht man, dass sie einer Art gemeinsamen Plan und einer gemeinsamen Struktur folgen. Eine Schlussfolgerung daraus wäre, dass sie durch evolutionäre Prozesse entstanden sind. Durch bestimmte Erfahrungen wird die Entwicklung des Gehirns in gewisser Weise beeinflusst. Die Gene sorgen dafür, dass

[12] Beispielsweise wurde nachgewiesen, dass die Rufe der Lemuren ein Grundprinzip der menschlichen Musik nutzen: Sie halten ein festes Intervall zwischen ihren Tönen ein (De Gregorio et al., 2021).

sich das Gehirn auf eine bestimmte Weise beim Menschen aufbaut, aber das auch die Umwelt die Entwicklung des Gehirns beeinflusst. Dabei nehmen unterschiedliche Formen des Lernens eine zentrale Rolle ein (Tomasello, 1999, 2002). Aber die Umwelt allein formt nicht das Gehirn, das Gehirn ist zum Teil durch Gene vorbestimmt. Jetzt stellt sich die Frage: Inwieweit die Gene die Struktur des Gehirns determinieren, so dass der Mensch automatisch sprechen kann, oder inwieweit das Gehirn durch die Erziehung, das Lernen und die Umwelt so verändert wird, dass der Mensch sprechen kann.

Noam Chomsky behauptet, dass Lernen für den Spracherwerb keine Rolle spiele. Lernen sei vielmehr wie bei Pflanzen ein Reifungsprozess. Man legt Samen in die Erde. Wenn sie ernährt werden, entwickeln sich aus den Samen Pflanzen. Aber andere Leuten sagen wiederum, das Lernen sei wichtiger als die Veranlagung. Die Umwelt und die Lernprozesse seien wichtig für das Entstehen der Sprache. So spielt das Lernen nach Tomasello (1999) eine wichtige Rolle, um Sprache zu entwickeln.

Das Vorhandensein von ähnlichen Genen und Molekülen, die bei Wirbeltieren und wirbellosen Tieren, am impliziten Lernen und an der Verhaltenskontrolle bei Bedrohung beteiligt sind, weist darauf hin, dass es eine gemeinsame evolutionäre Grundlage für diese Fähigkeiten gibt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich das implizite Lernen und Verhalten bei Wirbeltieren und Wirbellosen genau gleich verhält oder dass die evolutionären Prozesse, die zu diesen Fähigkeiten geführt haben, identisch waren. Vielmehr gibt es wahrscheinlich Unterschiede in der Art und Weise, wie diese Fähigkeiten bei verschiedenen Tiergruppen ausgeprägt sind, die auf unterschiedliche Umweltbedingungen und Anforderungen zurückzuführen sind. Dennoch sind die Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen Tiergruppen ein wichtiger Hinweis darauf, wie grundlegend diese Fähigkeiten für die Anpassung von Tieren sind.

Darwin hat gesagt, dass sich biologische Formen durch rein physikalische Prozesse entwickelten (Darwin, 1859). Später hat Francis Crick (1995) in seinem Buch: „*The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*“ die These vertreten, dass unser geistiges Leben, unser Bewusstsein, unsere Moral, unsere Entscheidungs- und Urteilsfähigkeit das Produkt des Gehirns seien. Die Evolutionstheorie ist eine Theorie der Biologie. Man kann argumentieren, dass die Biologie keinen Erklärungswert für die Musik hat, da Musik einfach ein soziales Konstrukt ist, oder eine diskursive Kategorie, deren Identität von ihrem Gegensatz zu anderen diskursiven Kategorien abhängt. Hinzu kommt, dass es Verhaltensweisen wie Autofahren und Computerspielen gibt, die erst vor einigen Jahre aufgetaucht sind und für die unser Gehirn aufgrund der kurzen Zeitdauer genetisch nicht spezialisiert worden sein kann. Wenn man denkt, dass es einen Teil des Gehirns gibt, der für das Autofahren zuständig ist, ist das ganz falsch, denn aus evolutionärer Sicht ist es unmöglich, dass sich ein solcher Teil des Gehirns entwickelt hat. Eine Begründung ist, dass das Auto erst vor 100 Jahren erfunden wurde, die Evolution von Merkmalen und Fähigkeiten aber einen wesentlich längeren Zeitraum beansprucht.

Musik gibt es überall auf der Welt. Die Frage, ob es sich dabei um eine Anpassung an einen selektiven Vorteil oder um einen Zufall handelt, lässt sich nur schwer endgültig beantworten. Manche sehen darin einen Zufall, wie etwa Pinker, der Musik mit einem evolutionären Zufall vergleicht (Pinker, 1994). Aber es gibt auch viele Ansichten, die in Musik einen adaptiven Vorteil sehen. Ein Beispiel für eine adaptive

Funktion ist unsere Angst vor Schlangen. Es wird vermutet, dass unsere Vorfahren, die Angst vor Schlangen hatten, eine höhere Überlebensrate und Reproduktionschancen hatten im Vergleich zu denen, die keine Angst vor Schlangen empfanden. Tiere haben aus Angst eine Gänsehaut-Reaktion entwickelt, um sich zu schützen und so ihre Überlebenschancen zu erhöhen. Dies sind sicherlich keine evolutionären Zufälle. In der psychologischen Forschung und den kognitiven Evolutionsstudien wird versucht, herauszufinden, was zufällig, adaptiv oder nicht-adaptiv ist.

2.3 Über den Kontext einiger psychologischer Forschungen

Der Hintergrund der natürlichen und sexuellen Selektion kann dabei helfen, weiter über die psychischen Mechanismen des Verhaltens nachzudenken. Die Evolutionspsychologen wollen klarstellen, ob und wie sich psychische Mechanismen entwickelt haben, ob es sich um psychische oder verhaltensbezogene Aspekte handelt. Die Gänsehaut-Reaktion, die durch Angst vor Feinden oder Kälte ausgelöst wird, gilt als eine instinktive, tierische, konditionierte Reaktion. Aber die Gänsehaut-Reaktion, die durch das Musikhören ausgelöst wird, unterscheidet sich von dieser Art von instinktivem Verhalten, da festgestellt wurde, dass nicht alle Menschen beim Hören von Musik eine Gänsehaut-Reaktion bekommen (Sloboda & Juslin, 2005). Aber Musik ist als menschliche Verhaltensform, soweit bisher bekannt, in allen Kulturen verbreitet (Cross, 2016). Wenn Musik nur als Stimulus betrachtet wird, folgt die Gänsehaut-Reaktion, die durch das Musikhören ausgelöst wird, dem klassischen behavioristischen Prinzip von Reiz und Reaktion. Diese Idee findet sich im Konzept der evaluativen Konditionierung des BRECVEM-Modells[13] der Forschergruppe um Patrick Juslin und Daniel Västfjäll (Juslin & Västfjäll, 2008, S. 564) wieder. Es geht darum, dass bestimmte Musik immer von anderen Reizen begleitet wird, die entweder positiv oder negativ sind und dass die Person beim Hören der entsprechenden Musik die entsprechende positive oder negative Emotion hat.

2.3.1 Behavioristische Überlegungen

In der behavioristischen Forschung können die Beobachtung und die Messung von Verhalten, die objektive Aufzeichnung und der Vergleich von Tieren und Menschen, die Regelmäßigkeit menschlicher psychischer Phänomene aufdecken und zu wissenschaftlicheren Erkenntnissen führen. Die Gänsehaut-Reaktion kann als ein Abwehr- oder Einschüchterungsverhalten von Tieren angesehen werden, das verhaltensbedingt ist und immer im Zusammenhang mit einem Reiz auftritt. Verhalten bezieht sich auf das Reaktionssystem eines Organismus (Watson, 1930), das aus einer Reihe von Aktivitäten besteht. So sind beispielsweise Essen, Anziehen, Laufen, Arbeiten und Spielen verschiedene Arten des menschlichen

[13] Die in der Dissertation erwähnte BRECVEM-Theorie wurde erstmals im Jahr 2008 von Patrik Juslin und Daniel Västfjäll (Juslin & Västfjäll, 2008) vorgestellt. Ihr Ziel war es, zu erklären, wie Musik Emotionen hervorruft. Die ursprüngliche Theorie bestand aus sechs Mechanismen ***B****rain stem reflex,* ***E****valuative conditioning, emotional* ***C****ontagion,* ***V****isual imagery,* ***E****pisodic memory* und ***M****usical expectancy* (= BECVEM) später haben Juslin und Kollegen (Juslin et al., 2010; Juslin, 2013A) **R***hythmic entrainment* und zwei weitere – ***A****esthetic judgment* und ***C****ognitive appraisal* – hinzugefügt: BRECVEM-AC, das gesamte Modell wird seit 2019 übrigens als ICINAS-BRECVEMAC (Juslin & Sakka, 2019) bezeichnet.

Verhaltens. Manche Verhaltensweisen sind einfach und umfassen nur einige wenige oder einzelne Reaktionskomponenten. So wie das Licht, das die Augen anregt und das Schließen der Augenlider bewirkt, Nahrung, die den Mund anregt und die Speichelsekretion auslöst, oder schnellere Darmbewegungen als Reaktion auf Hunger. Einige Verhaltensweisen sind komplex und umfassen komplexere Reaktionskomponenten, wie z. B. Autofahren oder ein Flugzeug steuern. Diese Verhaltensweisen bestehen aus einer Reihe von Reaktionen, die ein spezifisches Reaktionssystem bilden.

Die Verhaltensforscher beschränkten sich auf das beobachtbare Verhalten, das sie mit objektiven Begriffen beschrieben. Sie interessierten sich aber weniger für die Ursachen – d. h. für die physiologischen Vorgänge – und erlaubten keine psychischen Prozesse bei Mensch und Tier als Erklärungen für Verhaltensweisen: Sie befassten sich nicht mit Prozessen, die in einem Organismus (Tier oder Mensch) als Reaktion auf einen Reiz aus seiner Umwelt ablaufen. Die Verhaltensforscher haben zu diesem Zweck das Reiz-Reaktions-Modell (*stimulus-response model*, SR model) verwendet: Das Reiz-Reaktions-Modell (Watson, 1930) besagt, dass ein Mensch oder ein Tier einen Reiz aus der Umwelt empfängt und darauf reagiert. Reize sind alle Veränderungen in der äußeren Umgebung, die von den Sinnen (Sehen, Hören, Schmecken, Riechen, Tasten) erfasst werden. Wenn wir z. B. plötzlich ein wildes Tier sehen, ist die Reaktion hier jede Aktivität, die auf den Reiz folgt, z. B. vor dem Tier, das gerade auf uns zu rennt, wegzulaufen.

Der Behaviorismus befasst sich mit den Reizen aus der Umwelt, die menschliche Reaktionen hervorrufen, so dass die Vorgänge im menschlichen Gehirn von John B. Watson mit einer Blackbox verglichen wurden[14]. Das *black-box model* kam in den 1940er Jahren im *electrical engineering* (der Elektrotechnik) auf. Der Ausdruck wird oft mit dem Kybernetiker W. Ross Ashby und in der amerikanischen Psychologie mit dem Behaviorismus in Verbindung gebracht. Dieses abstrakte Modell lässt sich auf biologische Systeme übertragen, zum Beispiel auf das Gehirn: Äußere Reize werden im Gehirn verarbeitet und das Ergebnis der Reizverarbeitung ist eine Reaktion, also ein bestimmtes Verhalten (Rösler, 2011).

Das Prinzip des Behaviorismus besteht darin, die Psychologie auf die Untersuchung des beobachtbaren Verhaltens zu beschränken (z. B. das Betätigen von Hebeln, körperliche Reaktionen usw.). Im Behaviorismus wird das Gehirn oder die Psyche, d. h. das innere Selbst, als Blackbox betrachtet[15]. Das Blackbox-Modell beschreibt eine Situation, in der ein Input (Stimulus) in die Blackbox (Person) eintritt, in der der Stimulus in irgendeiner Weise verarbeitet wird. Aber die interne Verarbeitung interessiert in der behavioristischen Forschung nicht. Dann kommt ein Output (Reaktion) heraus. Dieser Output ist ein Verhalten oder eine beobachtbare körperliche Veränderung. Es könnte beispielsweise eine durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als Output betrachtet werden. Die Schlussfolgerungen, die aus dem Verhalten der Tiere bei Anwendung des Paradigmas der behavioristischen Angstkonditionierung, gezogen werden, machen deutlich, dass die Assoziation der grundlegende Mechanismus für das Verständnis des Verhaltens eines Organismus als Reaktion auf Reize ist. Das Ergebnis ist, dass zuvor bedeutungslose Reize (wie der Klang einer Glocke) beginnen, arttypische Verhaltensweisen und physiologische Reaktionen (Fluchtreaktion;

[14] Siehe Abb.2 (a), S. 37

[15] Siehe Abb.2 (a), S. 37

Angst) auszulösen, die den Organismus in die Lage versetzen, auf gefährliche Reize zu reagieren, bevor sie schädliche Folgen haben. Im Übrigen ist die Reaktion niederer Säugetiere ähnlich wie die des Menschen, wenn sie verletzt werden (Ledoux, 2019).

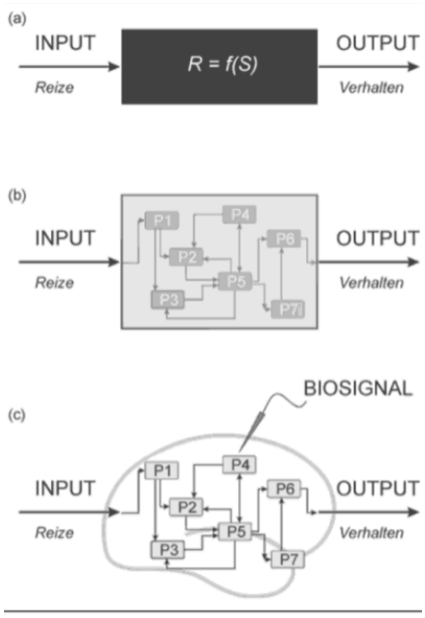

Abb. 2, Forschungsstrategische Perspektiven (a) des Behaviorismus, (b) der Kognitiven Psychologie und (c) der Psychophysiologie bzw. Biologischen Psychologie. Rösler (2011, S. 2)

Später, in der Mitte des 20. Jahrhunderts, entwickelte Burrhus F. Skinner seinen behavioristischen Ansatz zur Messung und Forschung in der Psychologie (Skinner, 1976). Der Behaviorismus geht davon aus, dass bis auf Instinkte alle Verhaltensweisen und Reaktionen auf Umweltreize erlernt werden. Sie können auch beeinflussen, wie oft ein bestimmtes Verhalten auftritt. Wenn ein Verhalten belohnt wird, wird der Mensch oder das Tier es häufiger anwenden. Wenn es bestraft wird, tritt es weniger auf. Aus diesen beiden Annahmen haben sich zwei behavioristische Lerntheorien entwickelt, die klassische Konditionierung und die operante Konditionierung, was bedeutet, dass, abgesehen von einigen angeborenen reflexartigen Verhaltensweisen, die meisten Verhaltensweisen durch Lernen erworben werden, so dass neue Verhaltensweisen erlernt und alte verändert werden können.

Sowohl die von Iwan Pawlow entwickelte Konzeption der klassischen Konditionierung als auch die Skinnersche Verhaltenskonzeption sind operationale Verfahren. Es gibt einen deutlichen Unterschied zwischen beiden Formen der Konditionierung: Nach Pawlow folgt auf den Reiz ein passives Verhalten. Mit anderen Worten, man bringt einem Tier oder einer Person bei, auf ein Signal zu reagieren, z. B. man läutet eine Glocke, bevor man einem Hund Futter anbietet und nach einigen Wiederholungen wird der Hund Speichel produzieren, wenn er die Glocke hört. Nach Skinner hingegen kommt zuerst ein Anreiz, d. h., es gibt ein aktives Verhalten. Diese Art der Konditionierung bedeutet, dass man ein erwünschtes oder unerwünschtes Verhalten belohnt oder bestraft. Wenn zum Beispiel Schüler A heute seine Pflicht erfüllt und

der Lehrer ihn dafür lobt, wird Schüler A in Zukunft mehr und mehr seine Pflicht erfüllen. Skinner ging davon aus, dass das Ziel darin besteht, der Person oder dem Tier klarzumachen, dass das gewünschte Verhalten angenehme Konsequenzen hat (z. B. Futter, Lob, Anerkennung, Geld), so dass das Verhalten häufiger ausgeführt wird. Gleichzeitig soll es lernen, dass das unerwünschte Verhalten unangenehme Konsequenzen hat (z. B. Schmerz, Hausarrest, Demütigung), so dass das Verhalten seltener ausgeführt wird.

Im Rahmen der Theorie der Konditionierung wurden zahlreiche weitere Konzepte unterschieden. So beispielsweise das Konzept des unkonditionierten Reizes und der unbedingten Reaktion, das auch als „Instinkt" bezeichnet wird und das sich auf den direkten Fluss von Informationsinputs zu Verhaltensoutputs bezieht, was der primitivste Auslösemechanismus für Organismen mit einem Nervensystem ist. Der Vorteil ist, dass der unkonditionierte Reiz einfach und schnell verarbeitet wird. Sein Nachteil ist, dass er nicht auf komplexe Szenarien angewandt werden kann und das zu kontrollierende Verhalten sehr einfach ist.
Es scheint, dass Gänsehaut, die durch Kälte beim Menschen verursacht wird, einer Art von Konditionierung folgt, die, wie bei Tieren, instinktiv zu sein scheint, während Gänsehaut, die durch Angst oder Abschrecken eines Feindes verursacht wird, viel komplexer ist. Das Phänomen der Gänsehaut, das durch Musikhören ausgelöst wird, ist dagegen noch komplexer, denn es ist eher psychischer Natur, wenn Musik als externer Reiz betrachtet wird.

Das Verhalten von Tieren hängt teilweise von physiologischen Faktoren ab. Es gibt eindeutige genetische Faktoren für das Tierverhalten. Einige sind eng mit der Umwelt verbunden. Abschreckung zum Beispiel ist das Ergebnis einer koordinierten Aktion des Nervensystems, des endokrinen Systems und verschiedener Organe des Tieres. Es ist ein tierischer Instinkt, sich zu verteidigen (Ledoux, 2019). Die Überlebensstrategie eines Tieres ist eine Strategie, bei der es die Informationen, die es wahrnimmt, zur Regulierung seines Verhaltens nutzt, um Schaden zu vermeiden. Die Psyche des Tieres und seine Körperstruktur (vor allem sein Bewegungssystem) arbeiten zusammen, so dass seine Psyche es dazu bringt, sich entsprechend den Merkmalen seiner Struktur angemessen zu verhalten. Verhaltensmechanismen sind die Zuordnung von (internem und externem) Informationsinput zu Verhaltensoutput. Wachstum wird in Lernen und physisches Wachstum unterteilt, um diese Zuordnung zu verbessern. Die behavioristische Perspektive hat einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der Psychologie geleistet, zumindest in Bezug auf das Verständnis, dass Verhalten nicht nur etwas rein Instinktives zwischen Reiz und Reaktion ist.

Die inneren menschlichen Prozesse wie Emotion, Motivation, Intention usw. sind wichtig im Kognitivismus, werden im Behaviorismus aber bewusst ignoriert, denn mentale Phänomene sind subjektiv erlebte Phänomene, die weder wie ein Verhalten objektiv beobachtet noch direkt gemessen werden können. Sie sind eine Blackbox, die nicht gesehen oder berührt werden kann, die kein Gewicht, keine Größe oder kein Volumen hat, während das Verhalten manifeste Eigenschaften hat, die gemessen werden können (Ross, 1956). Der Behaviorist kümmert sich nicht darum, ob der Input während eines Angstzustandes beim Anblick eines wilden Tieres erfolgt, oder ob der Input während der Vorfreude auf etwas erfolgt, oder ob der Input während der Neugier auf etwas erfolgt, nichts davon ist für den behavioristischen Forscher von großem

Interesse. Der Behaviorismus ignoriert alles, was zwischen dem Stimulus und der Reaktion geschieht, d. h. alles, was im Geist oder Gehirn passiert.

2.3.2 Vergleich zwischen Verhalten und Emotion

Emotionen sind nach der erweiterten Evolutionstheorie (*extended evolutionary theory*) ein kultureller und psychobiologischer Anpassungsmechanismus, die es jedem Einzelnen ermöglichen, flexibel und dynamisch auf die Umwelt zu reagieren (Scherer, 2009). Wenn zum Beispiel Weibchen ihre Jungen aufziehen müssen, gibt es einfühlsames Mitgefühl, um die Jungen zu verstehen und zu schützen; Zuneigung ermöglicht es dem Tier, sich an ein Mitglied des anderen Geschlechts zu binden; Bindung ermöglicht es dem Tier und seinem Partner, lange Zeit in gegenseitiger Unterstützung zusammenzuleben und erleichtert die gemeinsame Elternschaft; Mitgefühl und Dankbarkeit dienen dazu einander zu helfen; es gibt Schuldgefühle, um Schaden abzuwenden; und ein Gefühl der Ungerechtigkeit, um die eigenen Interessen zu schützen (Scherer, 2009). Diese Emotionen sind alle sozialer Natur.

Die emotionalen Reaktionen von Tieren auf äußere Reize sind die gleichen wie bei Menschen, aber auch sehr unterschiedlich. Wie Menschen so entwickeln auch Tiere Angst, die sich im Verhalten zeigt. Wenn sie in Gefahr sind, gibt es drei mögliche automatische Reaktionen des Körpers (3F) in einer stressigen Situation. Dies lässt darauf schließen, dass der Körper eines Menschen eine oder mehrere dieser drei Verhaltensweisen einsetzt, um sich aus einer gefährlichen Situation zu retten. Wenn der Mensch oder ein Tier mit einer stressigen Situation konfrontiert wird, schätzt er bzw. es die Situation und den Gegner ein. Wenn er bzw. es feststellt, dass sein Gegner schwach ist und er bzw. es ihn bekämpfen kann, setzt er bzw. es Kampfverhalten ein, um sich zu wehren, zum Beispiel: Wenn eine Katze von einer Schlange angegriffen wird, schätzt sie die Situation ein und stellt fest, dass die Schlange klein ist und dass sie sie bekämpfen kann. Dann nimmt sie ein Kampfverhalten an und versucht, die Schlange mit ihren Pfoten oder durch Fauchen abzuwehren.

Angst und Musik sind zwei unterschiedliche Phänomene, warum können sie also die gleiche Reaktion, nämlich eine Gänsehaut-Reaktion, auslösen? Angst spielt in Jaak Panksepps (2010) Konzeption des Trennungs-Angst-Systems eine wichtige Rolle. Seine Sichtweise des Trennungs-Angst-Systems scheint darauf hinzudeuten, dass die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, einen komplexeren Prozess durchläuft als die Gänsehaut-Reaktion, die durch Angst ausgelöst wird. Das menschliche Verhalten wird nur zum Teil von Emotionen und ein großer Teil von der Vernunft (Rationalität) geleitet. Im Einzelfall ist es oft schwierig, den Anteil emotionaler oder rationaler Überlegungen an bestimmten Verhaltensweisen zu bestimmen. Die Emotionen, die dem Verhalten zugrunde liegen, lassen sich oft nur indirekt erschließen, z. B. durch Beobachtung der Mimik (Ekman & Wallace, 1978) oder der Körpersprache oder durch nachträgliche Befragung.[16] Trotz der offensichtlichen Bedeutung von Emotionen für die menschliche Existenz, ist es

[16] Dabei sind allerdings alle damit verbundenen Verzerrungen und Verfälschungen zu berücksichtigen, wie Rationalisierung, Vergessen, Verdecken usw.

Wissenschaftlern, die sich mit der menschlichen Natur befassen, bisher nicht gelungen, einen Konsens darüber zu erzielen, was Emotionen sind und welchen Platz sie in Theorien über Geist und Verhalten einnehmen sollten (LeDoux, 1995).

Der Behaviourismus ist eine Forschungsrichtung mit einem bestimmten methodischen Ansatz, wie er in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben wurde. Emotionen sind psychische oder physiologische Phänomene, die sich im Verhalten zeigen können. Im Gegensatz zur Verhaltensforschung, die das Verhalten von Organismen (z. B. die Kommunikation) untersucht, konzentriert sich die Emotionsforschung auf die Emotionen hinter dem Verhalten. Dies gilt auch für die nonverbale Kommunikation[17], in der Organismen ihre Emotionen ausdrücken oder die Emotionen anderer Organismen erkennen und verstehen. Daher ist die Erforschung der evolutionsbiologischen Aspekte der nonverbalen Kommunikation eher ein großer Teil der Verhaltensforschung als der evolutionären Emotionsforschung.

Joseph Ledoux, ein Neurologe, der sich mit Angst befasst hat, ist der Ansicht, dass die Verwendung von Begriffen für erlebte psychische Zustände (wie Angst) zur Beschreibung der Schaltkreise, die das Verhalten und die physiologischen Reaktionen steuern, Korrelation mit Kausalität verwechselt. Ledoux ist daran interessiert, bewusst erlebte Angst von ihren verhaltensbedingten und physiologischen Korrelaten zu unterscheiden, indem er beispielsweise betont, wie Angst von der Amygdala ausgeht (Ledoux, 2003B). Obwohl sowohl das subjektive Erleben als auch die objektive Reaktion durch denselben Bedrohungsreiz ausgelöst werden, so handelt es sich doch um unabhängige Prozesse, die durch unterschiedliche Wege des sensorischen Systems vermittelt werden. Der eine Weg leitet die Informationen über den Bedrohungsreiz direkt an die Amygdala weiter, um das Verhalten und die Physiologie zu steuern, der andere an die kortikalen kognitiven Schaltkreise, um den erlebbaren Bewusstseinszustand herzustellen, den wir Angst nennen. Er schlägt vor, dass wir die Begriffe für subjektiv erlebbare mentale Zustände des Menschen, wie z. B. „Angst“, für die erlebten mentalen Zustände, für die der Begriff steht, beibehalten, anstatt diese Begriffe zur Beschreibung der verhaltensmäßigen und physiologischen Korrelate der bewussten Erfahrung von Angst zu verwenden. So schlägt er zum Beispiel vor, die durch Bedrohung aktivierten Amygdala-Schaltkreise nicht als „Angstschaltkreise“ zu bezeichnen, sondern als „defensive Überlebensschaltkreise“. Denn schließlich steuern sie das Verteidigungsverhalten und die physiologischen Reaktionen, die das Verhalten in gefährlichen Situationen metabolisch unterstützen. Er schlug auch vor, das als Angstkonditionierung bekannte Verfahren als „Bedrohungskonditionierung“ zu bezeichnen (Ledoux, 2012, 2016).

Ledoux legt dar, dass er “Angst” nur noch für das subjektive Erleben von Angst (*feeling of fear*) verwendet und die Verwendung von Begriffen für emotionale Zustände auf bewusst erlebbare mentale Zustände beschränkt (Ledoux, 2015; 2017). Heute wird allgemein angenommen, dass die volkspsychologischen Vorstellungen mit zunehmender Reife des Fachs Psychologie durch genauere wissenschaftliche Konstrukte ersetzt werden. In der Tat sollte für die nicht subjektiv erlebten Gehirnaktivitäten die Bezeichnung durch Ausdrücke für subjektive Zustände entfallen. Dies hatte LeDoux im

[17] z. B. angeborene Formen der Mimik und Körpersprache; vgl. Ekman (1994)

Sinn, als er vorschlug, den Amygdala-Schaltkreis als „defensiven Überlebensschaltkreis“ und nicht als „Angstschaltkreis“ zu bezeichnen.

Es besteht die Möglichkeit einer konditionierten Reaktionsbeziehung zwischen beliebigen gleichzeitigen (oder aufeinanderfolgenden) neuronalen Prozessen, einschließlich der kognitiven Aktivität, der Emotion und der Sinneswahrnehmung, sowie zwischen mentalen und physiologischen Prozessen. In der Tat können die Ergebnisse der Experimente von Schultz und Kollegen (Schultz, Dayan & Montague, 1997) als Beweis für die Möglichkeit herangezogen werden, dass mentale Emotionen eine konditionierte Reaktion auf körperliche Emotionen sein können. Dort war die Dopaminaktivität, die bei jungen Affen durch visuelle Antizipation ausgelöst wurde, offenbar eine konditionierte Reaktion auf die zuvor durch den Geschmack ausgelöste Dopaminaktivität. Aus der Tatsache, dass die Konditionierung eine universelle Funktion der neuronalen Aktivität ist, folgt also, dass, weil einer unserer visuellen oder auditiven Prozesse einmal gleichzeitig mit einem sensorischen Wahrnehmungsprozess stattgefunden hat, er später, wenn eine ähnliche Wahrnehmung wieder auftritt, die alte physiologische Emotion in der sensorischen Wahrnehmung, mit der er verbunden war, aktivieren kann, was zu einer psychischen Emotion führt, die mit einem anderen aktuellen psychischen Inhalt kombiniert werden kann, um ein emotionales Erlebnis zu bilden.

So ist beispielsweise der Speichelfluss beim Anblick einer guten Mahlzeit eine konditionierte Reaktion. Dies ist auf die gleichzeitige Erregung des visuellen Prozesses des Sehens der Mahlzeit und des hypothalamischen Prozesses zurückzuführen, der den Speichelfluss im Gehirn steuert, wenn wir die Mahlzeit in der Vergangenheit gegessen haben, so dass, wenn wir die Mahlzeit wieder sehen, der visuelle Prozess eine konditionierte Reaktion im Hypothalamus auslösen kann, um Speichelfluss zu erzeugen. Es ist bemerkenswert, dass dies auch die Zeit ist, in der wir dazu neigen, Genuss und Freude am Essen zu erleben; das heißt, dies ist auch die Zeit, in der wir Freude erleben, die zumindest eine Kombination aus Essensrepräsentationen und angenehmen Emotionen ist und in der wir unsere Freude an angenehmen Emotionen in Freude am Essen verwandeln. Das angenehme Gefühl, das in dieser glücklichen Emotion entsteht, ist ein möglicher Grund dafür ist, dass diese angenehme Emotion eine Reaktivierung der physiologischen Annehmlichkeit des Geschmacks, des Geruchs und der Ernährungsprozesse der vorangegangenen Mahlzeit ist. Das heißt, während der visuelle Prozess des Sehens der Mahlzeit die neuronalen Prozesse aktiviert, die den Speichelfluss steuern, kann er auch die alten physiologischen Emotionen der Sinneseindrücke aktivieren, die mit dem visuellen Prozess verbunden waren, wie zum Beispiel den Geschmack. Dieses emotionale Erleben wird als „Vergnügen“ bezeichnet.

Wenn unser Körper in Gefahr ist, wird der Hypothalamus stimuliert, was zu chemischen Freisetzungen und Nervenzellaktivierungen führt, die uns auf Kampf oder Flucht vorbereiten. Die Freisetzung von chemischen Stoffen aus dem Hypothalamus, wie Adrenalin, in unseren Blutkreislauf führt zu einer Reihe dramatischer physiologischer Veränderungen: Die Atemfrequenz erhöht sich, die Pupillen erweitern sich, das Blut wird vom Verdauungstrakt in unsere Muskeln und Gliedmaßen geleitet und versorgt sie mit zusätzlicher Energie, damit sie auf zwei Arten reagieren können – Flucht oder Kampf. Auch die Sicht wird schärfer, das menschliche Bewusstsein wird intensiver, das Schmerzempfinden nimmt ab, der Pulsschlag beschleunigt sich und unser Immunsystem wird durch die erhöhte Aktivität mobilisiert. Dadurch

sind wir körperlich und geistig auf Kampf oder Flucht vorbereitet. Sobald die Gefahr vorüber ist, kehrt der Körper in seinen Normalzustand zurück. Diese Prozesse und Verhaltensweisen sind das Ergebnis einer tief verwurzelten Angst der Tiere, einer instinktiven Reaktion, um sich selbst zu erhalten, eines Bedürfnisses nach Überleben und Kontinuität der Gene.

2.3.3 Behaviorismus und Kognitive Psychologie

Etwa gegen Ende der 1960er Jahre wandten sich die meisten Psychologen der Erforschung der internen mentalen Aktivität zu und ergänzten die behavioristische Perspektive, die sich allein dem externem Verhalten widmete. Sie beschrieben die Zustände und Prozesse der mentalen Aktivität aus der Perspektive der Informationsverarbeitung, um verschiedene externe Verhaltensweisen und deren Entwicklung zu erklären. Das Psychische steuert das Verhalten, wird aber auch durch das Verhalten ausgedrückt. Die Seh- und Hörfähigkeiten zeigen sich in der Reaktion auf schwaches Licht und Geräusche, das Gedächtnis in der Aktivität bei der Anwendung von Wissen und die Emotionen und Gefühle in der Mimik und Körperhaltung (Ekman, 1993, 1994). Die Kognitive Psychologie geht davon aus, dass geistige Aktivitäten mit Hilfe von Informationen, Operationen und Rückmeldungen erklärt werden können (Pinker, 2002). Unsere Wahrnehmungsorgane verbinden Innen- und Außenwelt. Sie sind dafür zuständig, physikalische Energie von außen in Datenstrukturen und Informationen zu übersetzen, die das Gehirn erkennen und verarbeiten kann. Nach erfolgter Informationsverarbeitung steuert dann das Gehirn die Bewegungen der Muskeln durch motorische Programme. Erwartungen und der Lernprozess von Versuch-und-Irrtum sind Rückkopplungsmechanismen, die nach dem gleichen Prinzip funktionieren wie ein automatischer Thermostat: Nach Erhalt einer Information über die Unstimmigkeit zwischen einem Soll- und einem Ist-Zustand wird eine Aktion eingeleitet, die versucht, die Differenz zu beseitigen.

Die Blackbox ist dann nicht mehr die Blackbox wie bei den Behavioristen. Sie ist eine „geöffnete“ Blackbox. Rösler (2011, S. 1) illustriert dies folgendermaßen: Er betrachtet den Organismus als eine Blackbox. Im Behaviorismus waren psychische und neuronale Prozesse noch eine Blackbox. Es war nicht klar, was sich in dieser Blackbox befand und wie sie funktionierte. Da Menschen nicht direkt beobachten können, was in einem Organismus passiert. Die Kognitive Psychologie „öffnet“ dann die Blackbox, indem sie mentale Prozesse (Rösler, 2011) untersucht. Auch die Psychophysiologie oder Biologische Psychologie „öffnen“ die Blackbox[18], indem sie die neuronalen Prozesse (Rösler, 2011, S. 4) erforschen. Obwohl Behaviorismus und Kognitive Psychologie unterschiedliche theoretische Ursprünge hatten, wurden sie in der Praxis integriert. Die Kognitive Psychologie wurde durch die neurobiologische Forschung ergänzt, um zu analysieren und zu untersuchen, was in der Blackbox war und so ein effektiveres Instrument für die spätere Forschung zu schaffen.

Der Behaviorismus ist eine Sichtweise, die viel zur Entwicklung der Psychologie beigetragen hat. Er ist aber der Meinung, dass die Psychologie nicht das Bewusstsein, sondern nur das Verhalten untersuchen

[18] siehe Abbildung 2, S. 37

solle, dass das Verhalten im Gegensatz zum Bewusstsein stehe, dass Menschen wie eine Maschine einen bestimmten Stimulus erhielten und dann einen bestimmten Output bzw. eine bestimmte Reaktion produzierten. Ein und derselbe Stimulus kann aber unterschiedliche Reaktionen hervorrufen, oder verschiedene Stimuli können die gleiche Reaktion hervorrufen, denn der innere Zustand eines Organismus kann unterschiedlich sein und die Reaktion auf ein und dieselbe Sache kann sehr unterschiedlich ausfallen. Insbesondere die subjektive Welt des Menschen ist sehr vielfältig. Daher ist es schwierig, die äußeren Verhaltensreaktionen einer Person zu verstehen, ohne ihre inneren mentalen Prozesse zu kennen. Wegen dieser sehr mechanischen Sichtweise wird der Behaviorismus oft von Kognitiven Psychologen kritisiert.

Die Psychologie hat sich in Richtung eines kognitiven Ansatzes (Kognitivismus) entwickelt. Besonders die Kognitive Psychologie (vgl. Neisser, 1967) kann einen Großteil des überwiegend erworbenen intelligenten Verhaltens erklären (Rösler, 2011), zu dem Problemlösung, Lernen, Entscheidung und Intuition gehören, während instinktives Verhalten, das überwiegend angeboren ist, in der physiologischen Psychologie plausibler erklärt wird. Da das Verhalten ein Ausdruck der geistigen Aktivität des Menschen ist, ist es möglich, das Verhalten zu beobachten und zu analysieren, um die geistige Aktivität des Menschen objektiv zu untersuchen und dann in Verbindung mit Kognitiver Psychologie und physiologischer Psychologie die Blackbox zu öffnen. Tomasello (1999, 2002) beispielsweise verwendet den Vergleich zwischen dem Verhalten von Tieren und Kindern als Untersuchungsmethode, um die Evolution kognitiver Fähigkeiten des Menschen zu verstehen.

Der Kognitivismus ist neben dem Behaviorismus eine wichtige Position in der Psychologie. Kognitivisten glauben, dass Menschen den Dingen unterschiedliche Bedeutungen und Interpretationen zuweisen, was zu völlig unterschiedlichen Beschreibungen und unterschiedlichen emotionalen Erfahrungen und Verhaltensreaktionen zur gleichen Zeit führt. Der Kognitionswissenschaftler und Linguist Noam Chomsky steht dem Behaviorismus besonders kritisch gegenüber. Er argumentiert, dass es keinen Sinn mache, Verhaltensprinzipien aus Tierversuchen außerhalb des Labors auf den Menschen zu übertragen. Um komplexes menschliches Verhalten zu verstehen, müssten wir beachten, dass es im Geist/Gehirn Entitäten gebe, die letztlich dafür verantwortlich seien, aber nicht direkt beobachtet werden könnten (Chomsky, 1959).

Es gibt doch einige Handlungen, die nicht von kognitiv-rationalen Prozessen gesteuert werden. Das sogenannte automatische Denken beispielsweise bildet im Laufe der Zeit ein relativ starres Denk- und Verhaltensmuster heraus, bei dem Handlungen ohne Reflexion, aber nach einem festgelegten Modell erfolgen. Dies geschieht in dem Sinne, dass Denken und Handeln automatisch kombiniert werden und ohne Nachdenken erfolgen (LeDoux, 2019). Das menschliche Verhalten wird durch den Lernprozess der Beobachtung und Interpretation der Umwelt beeinflusst und unangemessenes Verhalten entsteht durch falsche Wahrnehmungen und Interpretationen. Der Verhalten ist ständig von Kognition begleitet, da die Kognition das Verhalten verändern kann, oder umgekehrt, das Verhalten die Kognition verändern kann.

Im Zusammenhang mit Musik bezieht sich der Kognitivismus darauf, wie Menschen intern Musik wahrnehmen, verarbeiten und verstehen. Der Kognitivismus untersucht, wie Menschen Musik wahrnehmen und welche kognitiven Prozesse dabei eine Rolle spielen. Er beschäftigt sich mit der Verarbeitung von

Klängen, Melodien, Rhythmen und Harmonien im Geist und Gehirn als Informationsverarbeitung, um musikalische Strukturen und Bedeutungen zu erkennen. Wie Musik bestimmte emotionale Reaktionen auslöst und wie diese emotionalen Erfahrungen kognitiv verarbeitet werden, das sind wichtige Aspekte dieser Forschung. Die Forschungen zur Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, enthält die Erkenntnisse der Kognitiven Psychologie über Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Erinnerung, Denken, Argumentation, Entscheidungsfindung und andere mentale Aktivitäten (Sloboda & Juslin, 2005).

2.4 Die Gänsehaut-Reaktion beim Musikhören: Zusätzlicher Forschungshintergrund

Musikalisches Verhalten wie das Musizieren scheint in Bezug auf alltägliche Bedürfnisse sowie biologische evolutionäre Reaktionen im Zusammenhang mit dem menschlichen Überleben irrelevant zu sein. In der Vergangenheit wurde auch behauptet, dass Musik schön zu finden sei, dass sie uns Freude bereite, dass sie bestimmte Emotionen hervorrufen könne. Das offensichtlichste Beispiel ist die Nostalgie (Juslin, 2003). Wenn wir das Gefühl der Nostalgie untersuchen, kann es schwierig sein, einen Bezug zu evolutionären und genetischen Fragen herzustellen. Es wurde noch kein Teil des Gehirns entdeckt, der speziell für Nostalgie verantwortlich ist. Wir haben noch nicht verstanden, wie Nostalgie biophysiologisch funktioniert. Warum gibt es das Gefühl der Nostalgie eigentlich?

Bei der Analyse der Gänsehaut-Reaktion, die Menschen beim Musikhören erleben, haben sich viele Wissenschaftler auf die psychologischen Aspekte konzentriert. Später wurden aufgrund des technologischen Fortschritts auch Analysen aus dem Bereich der Neurowissenschaften hinzugefügt. Wenn die Erforschung der Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, nun eher in die Psychologie und die Neurowissenschaften einzuordnen ist, stellt sich die Frage, warum hier über die Evolutionstheorie gesprochen wird. Es treffen zwei Ideen aufeinander: Eine Idee ist die darwinistische Theorie, dass sich biologische Formen durch einen rein biophysikalischen Prozess entwickeln. Die zweite Idee, eine Ablehnung von Descartes' Ideen (Damasio, 1997), besagt, dass Descartes' Fehler darin bestand, den Geist tiefgreifend vom Körper zu isolieren und die Annahme zu treffen, dass das Denken ohne Verbindung zum Körper stattfinde und das eigentliche Fundament des Selbst bilde. Obwohl viele aktuelle Analysen von diesen Ideen stark beeinflusst werden, weisen beide Lücken auf, die bisher nicht geklärt werden konnten.

2.4.1 Einige philosophische Überlegungen

Wenn der Behaviorismus richtig ist, dann ist eine Philosophie des Geistes unmöglich, weil es überhaupt keine Seele oder keinen Geist gibt. Aber wir sind davon überzeugt, dass wir einen Verstand haben, dass wir Schmerzen empfinden, Essen schmecken und Freude empfinden, dass eine Fülle von inneren Gefühlen unserer inneren Welt zugrunde liegt und dass wir oft in ihr gefangen sind. Diese inneren Gefühle unterscheiden sich tatsächlich von offenkundigen Verhaltensweisen oder Verhaltenstendenzen. Im

Widerstand gegen den Behaviorismus sind die Kognitive Psychologie und die Philosophie des Geistes entstanden. Mit der Entwicklung der Kognitionswissenschaft und insbesondere mit dem Aufkommen der Künstlichen Intelligenz kam die Idee auf Computer einzusetzen, um den menschlichen Geist zu verstehen. Nach dieser Vorstellung ist der Mensch wie ein Computer: der Körper ist die Hardware, der Geist ist die Software. Da der interne Zustand eines Computers durch seine Eingaben, Ausgaben und seine Beziehung zu anderen internen Zuständen bestimmt wird, sollte, wenn die Analogie[19] zwischen Mensch und Computer zutrifft, der mentale Zustand durch seine Beziehung zu den Reizeingaben, Verhaltensausgaben und anderen mentalen Zuständen bestimmt werden. Mit anderen Worten: Wenn die Anfangsbedingungen des Systems (d. h. der Eingang und der Anfangszustand des Systems) festgelegt sind, wird der Folgezustand des Systems durch die Funktion bestimmt, die dieser Zustand erfüllt: Die Ausgabe und der nächste interne Zustand sind durch die Eingabe und den Zustand bestimmt.). Diese Auffassung wird daher als „Funktionalismus" bezeichnet. Der Funktionalismus ist eine der einflussreichsten Theorien in der zeitgenössischen Philosophie des Geistes. Eine seiner Stärken ist, dass er unterschiedliche physikalische Realisierungen mentaler Prozesse zulässt. So wie eine Rechenaufgabe von vielen verschiedenen Computern ausgeführt werden kann, kann derselbe geistige Zustand auf verschiedene Art und Weise physikalisch realisiert werden. Was noch wichtiger ist: Der Funktionalismus bietet eine theoretische Unterstützung für den nicht-reduktiven Physikalismus. Dem Funktionalismus zufolge ist der funktionale Zustand eines Systems ein höherer Zustand, der von seiner physikalischen Realisierung abstrahiert wird. Er unterscheidet sich vom physikalischen System, das ihn realisiert und ist irreduzibel. Die moderne Psychologie und die Neurowissenschaften untersuchen auch die Beziehung zwischen Geist und Körper und haben gezeigt, dass Körper und Geist eng miteinander verbunden sind. Beispielsweise kann körperlicher Stress den Geist beeinflussen und umgekehrt kann der Geist den Körper beeinflussen.

Die Emotionsforschung steht in enger Beziehung zum Leib-Seele-Problem (Bischof, 2014). Das Leib-Seele-Problem wurde von Descartes aufgeworfen. Er argumentierte, dass seine Existenz aus zwei Wesenheiten bestehe, dem Geist und dem Körper. Er glaubte jedoch, dass das Universum rein materiell sei und daher nur durch die Dehnbarkeit und Bewegung von Objekten beschrieben und erklärt werden könne. Dies seien Eigenschaften, die allein der Materie zukämen. Diese Eigenschaften, Dehnbarkeit und Bewegung, ließen sich quantifizieren und mathematisch beschreiben. Sein ganzes Leben lang verfolgte Descartes das Ziel, eine auf der Mathematik basierende Theorie zu entwickeln. Daher muss für Descartes jedes Element, das mit dem Geist zusammenhängt, aus der wissenschaftlichen Beschreibung der Materie ausgeschlossen werden, da der Geist nicht quantifiziert werden kann.

Wir wissen, dass es Emotionen gibt, aber wir können nicht beweisen, wo die gültigen Bedingungen für ihre Existenz liegen, so wie wir wissen, dass unser körperliches Unbehagen schlechte Gefühle verursacht. Wir haben aber bisher keine Möglichkeit, eine kausale Beziehung zwischen den beiden zu beweisen. Doch die Forderung nach einer Kausalerklärung könnte falsch sein, denn nicht alles könnte kausal existieren.

---

[19] Die Computermetapher ist ein Beispiel für eine Analogie. Es handelt sich um einen Begriff der Kognitiven Psychologie, welcher eine Analogie bzw. Ähnlichkeit des Verhältnisses von Geist und Gehirn zu dem von Software und Hardware bei Computern bezeichnet.

Emotionen setzen Ziele und Prioritäten. Alles, was man tut, ist von Emotionen bestimmt, ohne Gefühle wäre das Leben nicht möglich (Damasio, 1997). Es ist natürlich, dass wir von körperlichen Beschwerden emotional betroffen sind. Es ist auch natürlich, dass wir emotional instabil sind, was zu körperlicher Instabilität führt. Wir können es durchaus fühlen, aber wir haben bisher keine Möglichkeit, es zu kausal nachzuweisen. Haben zum Beispiel Geist und Körper eine kausale Wechselwirkung? Wenn ja, wie beeinflussen sie sich gegenseitig? Wie kann mein Geist Zugang zu den Beschwerden oder Schmerzen des Körpers erhalten? Welche Beziehung besteht zwischen meinem Geist und meinem Körper?

Weil der Geist nicht physikalischen Gesetzen unterliegen könnte, gibt es die Meinung, dass evolutionäre Behauptungen über den Geist nicht wahr seien. Dies ist eine Möglichkeit, die Evolutionspsychologie abzulehnen. Eine andere Art, die Evolutionspsychologie abzulehnen, besteht darin, zu akzeptieren, dass der Geist zwar mit biologischen Prinzipien in Verbindung steht, aber dann zu argumentieren, dass Instinkte und biologische Tatsachen der menschlichen Natur auch zwar bei anderen Tieren existieren, aber der Mensch zusätzlich Kultur und Tradition aufweise. So hat der Anthropologe Ashley Mantagu (1937) gesagt, dass der Mensch Mensch sei, weil er keine Instinkte habe, weil alles, was er sei und geworden sei, von seiner Kultur, von den von Menschen geschaffenen Teilen seiner Umwelt, von anderen Menschen gelernt wurde. Er meinte, dass die interessanteren Aspekte der menschlichen Natur, die Dinge, für die wir uns von Natur aus und intuitiv interessieren, eher kulturell geprägt seien. Die traditionelle Evolutionstheorie und Darwins Theorie haben dazu nichts zu sagen und zwar nicht, weil der Geist vom Gehirn getrennt ist, sondern weil der Mensch eher eine kulturelle Spezies ist.

Es gibt gleichwohl den evolutionären Einwand, dass der menschliche Verstand Instinkte enthalte. Es gebe eine menschliche Natur, aber wir sollten sie nur analysieren, indem wir Menschen analysieren. In der Tat kann uns die Evolution einige interessante Dinge sagen. Zum Beispiel kann sie uns über die Natur des Geistes informieren und aufklären. Zunächst einmal bin ich der Meinung, dass die Evolution des Bewusstseins, der Moral usw. unter allen Gesichtspunkten intuitiv interessant ist. Das ist etwas, das die Menschen fasziniert. Ich denke, es ist eine interessante Frage für sich. Aber was kann die Evolution uns über die menschliche Psyche sagen? Sie kann uns sagen, mit welchen Eigenschaften wir geboren wurden und mit welchen nicht. Einige der evolutionären Probleme bestehen schon seit langer Zeit und können zu bestimmten biologischen Anpassungen führen. Wenn behauptet wird, dass es eine biologische Anpassung für das Sprechen, für die Partnerwahl, für die Kindererziehung gibt, dann ist das vielleicht wahr, vielleicht auch nicht, aus evolutionärer Sicht ist dies durchaus möglich.

Eduard Hanslick (1854) hat vor mehr als 100 Jahren sein berühmtes Buch „Vom Musikalisch-Schönen[20]“ veröffentlicht, in dem er im Sinne einer Theorie vom ‘ungeeigneten Musikgefühl’ argumentiert und postuliert, dass es für die Musikästhetik unwesentlich sei, dass Musik mit Gefühlen in Verbindung stehe. Aber wir glauben zu wissen, dass wir beim Musikhören irgendwelche Emotionen bekommen. Wenn wir jedoch fragten, ob dies überhaupt zuträfe und warum, dann blieb die Frage bisher unbeantwortet, obwohl sie seit langem diskutiert wird. Zudem stellt sich auch die Frage, was unter „Gefühl“ verstanden werden kann.

[20] Hanslick (2010/1854).

Dazu gibt es bis jetzt noch keine allgemein anerkannte wissenschaftliche Definition. Aber dies hindert viele Wissenschaftler nicht daran, die Beziehung zwischen Musik und Gefühl zu analysieren.

Das Leib-Seele-Problem ist sehr relevant für die neurowissenschaftliche Forschung. Auf einer Seite gibt es geistige Phänomene: Erinnerungen, Gedächtnis, musikalisches Erleben und Emotionen. Auf der anderen Seite gibt es so etwas wie ein Gehirn oder einen Körper, das bzw. der damit die Verbindung gebracht wird. Die Frage ist: Wie hängen Geist und Körper überhaupt zusammen? Aristoteles hatte den Vorschlag, dass Körper und Geist einheitlich sind. Sie sind nicht einfach zu trennen. Stoff und Form sind verbunden. Gleichwohl ist die Form für ihn zentral. Seine Theorie wird als „Hylemorphismus“ (z. B. Jaworski, 2011) bezeichnet. Aber diese Theorie wurde nicht weiter verfolgt. Seit dem 17. Jahrhundert gab es in der europäischen Wissenschaft eine starke Trennung: Auf einer Seite gibt es den Geist, auf der anderen Seite den Körper. Der Körper ist ein Mechanismus, der Geist nicht. Das ist das Grundproblem. Es gibt dann verschiedene Überlegungen zum Verhältnis von Körper und Geist. Es ist wichtig, diese Aspekte sowohl gemeinsam als auch getrennt zu betrachten, um ihr Zusammenspiel zu verstehen. Wenn wir sie getrennt betrachten, fragen wir uns, wie sie zusammenarbeiten. Wenn wir sie gemeinsam betrachten, merkt man nicht, wie das eigene Gehirn arbeitet, wenn man etwas spricht oder hört. Wenn beispielsweise eine schöne Erfahrung gemacht wird, gibt es gewisse Aktivitäten im Gehirn, aber wir nehmen diese Gehirnaktivität nicht direkt wahr. Von daher gibt es schon die Frage, wie sie miteinander zusammenhängen. Man hat Körper und Geist und stellt sich die Frage, gibt es bei beiden gleiche Prinzipien oder muss man jeweils andere Prinzipien für Körper und für Geist annehmen. Wenn unterschiedliche Prinzipien für die beiden angenommen werden, dann muss überlegt werden, wie und in welcher Beziehung beide Prinzipien stehen. Viele Neurowissenschaftler sind der Meinung, dass man alles Geistige auf neuronale Aktivität reduzieren kann. Das heißt, wenn man weiß, wie das Gehirn funktioniert, weiß man am Ende, was eine Person erlebt.

Auch Francis Crick (1994) ist wie viele Neuro- und Naturwissenschaftler der Ansicht, dass eine allgemeine philosophische Diskussion nicht dazu beitragen würde, die komplizierten Probleme des menschlichen Bewusstseins zu lösen und dass es hier vor allem auf die Entwicklung wissenschaftlicher Erkenntnisse und die Einführung neuer experimenteller Methoden ankommen würde. Crick wollte nachweisen, dass sich die menschliche geistige Aktivität, einschließlich der Wahrnehmung, auf das Verhalten und die Zusammensetzung von Nervenzellen und die Eigenschaften der Atome, Ionen und Moleküle, die sie beeinflussen, reduzieren lasse. Er nennt diese Idee eine Hypothese, weil es noch viele Fragen gebe, die beim gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Entwicklung noch nicht wissenschaftlich beantwortet seien. Aber er ging davon aus, dass die wissenschaftliche Entwicklung seine Hypothese schließlich als richtig bestätigen werde. Er räumt dabei ein, dass das wissenschaftlich am schwierigsten zu Erklärende die verschiedenen Bewusstseinsphänomene wie die Wahrnehmungsfähigkeit seien. Dies bedeutet jedoch nicht, dass er die Möglichkeit einer wissenschaftlichen Lösung des Problems der Wahrnehmung leugnet; er macht diese Lösung lediglich von einem wissenschaftlichen Durchbruch abhängig, so dass, wie er sagt, es unwahrscheinlich sei, dass wir das verwirrende Problem der Natur der Wahrnehmung lösen könnten, bis ein solcher Durchbruch komme.

Die Ausrichtung von Crick und anderen Neurowissenschaftlern ist auf den substanziellen Fortschritt der Wissenschaft im Hinblick auf das menschliche Wissen gerechtfertigt. Aber es wäre einseitig, die philosophische Diskussion deshalb ganz aufzugeben oder abzulehnen. Historisch und praktisch waren die Entwicklung von Wissenschaft und Philosophie immer integriert und komplementär. In gewissem Sinne hatte die philosophische Diskussion oft einen wichtigeren Vorhersage- und Orientierungswert als die empirischen Forschungsergebnisse der Naturwissenschaften.

Die Hirnforschung ist ein sehr komplexes Forschungsfeld, das die Untersuchung der Anatomie und Physiologie des Gehirns umfasst und sich auf eine Vielzahl von Disziplinen stützt, von der Molekulargenetik bis zur vergleichenden Psychologie (Striedter, 2005). Dies ist der Hintergrund meiner späteren Diskussion über die neuronalen Korrelate des Gehirns, die mit Musik und Emotionen in Verbindung stehen. Da nur wenig darüber bekannt ist, wie sich das Gehirn entwickelt, möchte ich mich auf die Spiegelneuronen und das *default-mode network* (DMN[21]) und damit auch auf Empathie und Kognitionsfähigkeit konzentrieren.

Neben der Funktion des Gehirns als dem Teil des Körpers, der alle Funktionen des Körpers steuert und regelt, hat der Teil des Gehirns, der sich vom tierischen Gehirn unterscheidet, beachtliche Erfolge auf dem Weg zum Menschen erzielt. Die wunderbare Entwicklung des Gehirns hat Spiritualität und Intelligenz hervorgebracht. Die kontinuierliche Entwicklung, Nutzung und Verbesserung dieser Funktion des menschlichen Gehirns hat die kulturelle Evolution der menschlichen Evolutionsgeschichte eingeleitet und damit alle Aspekte der menschlichen Evolution durchdrungen und sogar direkt in den Prozess der menschlichen Evolution eingegriffen. Mentale Prozesse oder Phänomene wie z. B. Sprache, Musik und visuelle Wahrnehmung sind Leistungen des Gehirns bzw. Gehirnfunktionen, die durch neuronale Prozesse bzw. Mechanismen und Strukturen erzeugt werden (Ravignani, 2018). Ergebnisse neurowissenschaftlicher Forschung legen nahe, dass es möglich ist, von der Sprachvolutionsforschung zu lernen, da Sprache und Musik – Perzeption und Produktion – zum Teil von gemeinsamen kognitiven Mechanismen verarbeitet werden (Ravignani, 2018).

Der moderne Mensch, bekannt als Homo sapiens, hat sich erst vor etwa 200 000 Jahren als eigenständige Spezies entwickelt (Tomasello, 1999). Im Laufe der Zeit verfeinerte diese neue Spezies Werkzeuge und fertigte ausgefeilte Kunstwerke an. In den letzten paar hundert Jahren hat sie Computer erfunden, den Weltraum bereist und grundlegende physikalischen Gesetze entdeckt, die das Universum regieren (Ward, 2016). Unsere Gehirne haben sich so weit entwickelt, dass wir in der Lage sind, gemeinsames Wissen, Fähigkeiten und Überzeugungen zu schaffen und zu übernehmen. Der Mensch hat in so kurzer Zeit viele Sachen und Dinge geschaffen. Er scheint diese Fähigkeiten viel schneller erworben zu haben, als es in in einem für evolutionäre Prozesse notwendigen Zeitraum möglich gewesen wäre. Was den Homo sapiens – unter dem Aspekt der Gänsehaut-Reaktion betrachtet – von anderen Lebewesen unterscheidet, ist die Tatsache, dass Gänsehaut bei Säugetieren vorkommt, aber das es das Phänomen der

[21] DMN: Das *Default Mode Network* ist ein neuronales Netzwerk, das in Ruhephasen aktiv wird und mit der Selbstreflexion, der Gedankenwanderung und der Verarbeitung persönlicher Informationen in Verbindung gebracht wird (Raichle, 2001). Es besteht aus diskreten, bilateralen und symmetrischen kortikalen Arealen, die sich im medialen und lateralen parietalen, medialen präfrontalen, medialen und lateralen temporalen Kortex des menschlichen, nicht-menschlichen Primaten-, Katzen- und Nagergehirns befinden.

durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut, nur beim Menschen zu geben scheint. Dies würde indirekt darauf hindeuten, dass Musik als ein kulturelles Phänomen eine einzigartig menschliche Aktivität wäre. Was hat bewirkt, dass der Mensch in so kurzer Zeit so viel erschaffen hat? Der Mensch unterscheidet sich nur durch 1,6 % der DNA vom Schimpansen (King & Wilson, 1975), mit dem er vor etwa sechs oder sieben Millionen Jahren seinen letzten gemeinsamen Vorfahren hatte. Allein diese 1,6% der DNA haben es dem Menschen ermöglicht, ein solches Niveau zu erreichen.

Es ist unbestritten, dass Kultur bei Tieren vorkommt (Tomasello, 1999). Seine Beobachtungen und Forschungsergebnisse (Tomasello, 1999) über die innovativen und sozialen Lernfähigkeiten von Tieren werden verwendet, um die Möglichkeit zu veranschaulichen, dass Kultur bei Tieren existiert. Es gibt jedoch deutliche Unterschiede zwischen der menschlichen und der tierischen Kultur. Was den Menschen befähigt, ein so hohes Maß an technologischer und kultureller Komplexität zu erreichen, ist möglicherweise weitgehend auf Unterschiede in seinen sozio-kognitiven Fähigkeiten zurückzuführen: Menschenspezifische kognitive Modelle, d. h. soziale und kulturelle Kognition, tragen zur Komplexität menschlicher Kultursysteme bei. Kultur kann als eine Sammlung gemeinsamer Werte, Fähigkeiten, Artefakte und Überzeugungen definiert werden (Ward, 2016). Sie wird zwischen den Mitgliedern einer Gruppe durch einen Prozess des sozialen Lernens, auch von Generation zu Generation, geteilt, wobei kulturelle Unterschiede auch eine Möglichkeit zur Unterscheidung zwischen sozialen Gruppen darstellen. Kultur bezieht sich in diesem Zusammenhang nicht nur auf Musik, Kunst, usw., sondern auch auf Fertigkeiten wie z. B. Lesen und Schreiben, Technologien wie z. B. die Herstellung von Werkzeugen, vom Speer bis zum Computer, Glaubensvorstellungen und vieles mehr.

2.4.2 Spiegelneuronen, soziale Kognition und *theory of mind*

Für die Evolutionsforschung spielen Spiegelneuronen eine zentrale Rolle. Es wird die Meinung vertreten, dass die Spiegelneuronen für die *theory of mind* eine grundlegende Rolle spielen. Die Spiegelneuronen stellen eine neurowissenschaftliche Erklärungsmöglichkeit dar, dass die Menschen eine *theory of mind* als Basis sozialer Kognition entwickelt haben. Diese könnte die Basis von Kultur sein. Die t*heory of mind* besagt, dass wir anderen Menschen mentale Zustände wie Überzeugungen, Wünsche oder Absichten zuschreiben und auf dieser Grundlage ihr Verhalten interpretieren können. Die Spiegelneuronen sind dabei von Bedeutung, da sie uns ermöglichen, die Handlungen anderer zu imitieren und dadurch ihre mentalen Zustände besser nachvollziehen zu können. Diese Fähigkeit ist besonders wichtig, um Emotionen und Intentionen von anderen Menschen zu verstehen und angemessen darauf reagieren zu können.

Die Funktionsweise der Spiegelneuronen wurde erstmals in den 1990er Jahren im prämotorischen Areal (F5) von Makaken entdeckt. Spiegelneuronen sind eine besondere Art von visuomotorischen Neuronen. Diese Neuronen zeigen Aktivität, sowohl wenn ein Makak eine bestimmte Bewegung ausführt, als auch wenn er beobachtet, wie ein anderes Individuum dieselbe Bewegung ausführt. Es zeigte sich, dass wenn jemand eine Nuss ergreifen wollte, die Spiegelneuronen feuerten. Es wurde aber auch beobachtet, dass

diese bei der Ausführung einer gleichen Handlung aktiviert wurden (Rizzolatti, 2005; Rizzolatti & Sinigagli, 2016; Rizzolatti & Caruana, 2017). Dies erlaubt Makaken zu verstehen, was andere Makaken tun wollen (Arbib, 2002). Die Spiegelneuronen scheinen ein kortikales System zu bilden, das die Beobachtung und Ausführung von zielgerichteten motorischen Handlungen aufeinander abstimmt. Experimentelle Befunde deuten darauf hin, dass es beim Menschen ein ähnliches Anpassungssystem gibt. Eine mögliche Funktion eines solchen Abgleichsystems ist es, einen Organismus in die Lage zu versetzen, bestimmte psychische Zustände der beobachteten Artgenossen zu erkennen. Konkret dienen Spiegelneuronen vor allem dazu, das Verhalten anderer zu verstehen, zu imitieren und neue Fähigkeiten zu erlernen. Iacobini und Kollegen haben außerdem herausgefunden, dass Spiegelsysteme auch das Verständnis der Absichten anderer vermitteln (Iacobini et al., 2005).

Neben dem prämotorischen Areal ist das Spiegelneuronensystem in verschiedenen kortikalen Arealen zu finden und weist auf unterschiedliche Funktionen hin. Spiegelneuronen selbst konnten noch nicht im menschlichen Gehirn nachgewiesen werden, aber es gibt funktional ähnlich reagierende Systeme im menschlichen Gehirn (Cattaneo & Rizzolatti, 2009). Deshalb wird zwischen Spiegelneuronen bei Makaken und anderen Tieren auf der einen Seite und Spiegelsystemen beim Menschen unterschieden. Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI), Elektroenzephalographie (EEG) und transkortikale Magnetstimulation (TMS) sowie invasive Einzelzellableitungen bei Tieren und Menschen sind die Techniken, die zur Bewertung der Aktivität von Spiegelneuronen und -systemen eingesetzt werden. Spiegelsysteme sind an sehr wichtigen Funktionen wie Sprachverarbeitung, Verstehen, Lernen, sozialer Interaktion und Empathie beteiligt (Arbib, 2002). Darüber hinaus haben Untersuchungen des Gehirns von Menschen mit Autismus ergeben, dass sie eine geringere Aktivität der Spiegelsysteme aufweisen. Es wird angenommen, dass sie deshalb weniger empathisch als andere Menschen sind. Ingesamt wurde in mehreren Studien die Rolle der Spiegelsysteme bei der Wahrnehmung von Emotionen, Empathie und sozialer Kognition diskutiert (De Gelder, 2006). Es wird angenommen, dass menschliche Spiegelsysteme den grundlegenden Mechanismus der sozialen Kognition darstellen (Rizzolatti, 2005).

Wenn Spiegelneuronen bzw. Spiegelsysteme sowohl in tierischen als auch in menschlichen Gehirnen vorhanden sind, dann stellt sich die Frage, wie sich die Kognition von Primaten von der anderer Säugetiere unterscheidet. Das Verstehen von Relationen im Allgemeinen ist die wichtigste Fähigkeit, die die Kognition der Primaten von der Kognition anderer Säugetiere unterscheidet. Es wurde auch bestätigt, dass sich die Kognition des Menschen von der anderer Primaten unterscheidet. Es ist die soziale Kognition, die den essentiellen Unterschied ausmacht. Spiegelneuronen und Spiegelsysteme sind wichtig für soziale kognitive Aktivitäten. Wenn ihre Existenz im menschlichen Gehirn bewiesen ist, hat dies enorme Auswirkungen auf die Erklärung der Evolution des menschlichen Gehirns und der menschlichen Kognition. In musikalischer Hinsicht könnten Spiegelsysteme eine Erklärung für die physiologische Grundlage unserer Fähigkeit liefern, Musik zu erleben.

Es wird angenommen, dass die Spiegelsysteme im menschlichen Gehirn eine Anpassung des individuellen Verständnisses von Bewegung während sozialer Kognition und Aktivitäten sind. Die Art dieser

Anpassung ist eine Form von natürlicher Selektion als Reaktion auf Umweltdruck (Heyes, 2010). Weiterhin erfolgt eine Verallgemeinerung als Anpassung gemäß der evolutionären Sichtweise, der zufolge Spiegelsysteme eine genetische Veranlagung auf neuronaler Ebene aufweisen könnten.

„*Theory of Mind*" bezeichnet die Fähigkeit, sich in andere Menschen hineinzuversetzen und zu verstehen, was sie denken. Zum Beispiel: Wir gehen nicht davon aus, dass ein Computer Gefühle hat oder Wünsche hegt; im Gegensatz dazu schließen wir von bestimmten Verhaltensweisen darauf, was eine andere Person gerade denken könnte. Man hat die Idee, dass jemand anders eine geistige Fähigkeit hat. Dann stellt sich die Frage, wie kommt es dazu. Ein Computer hat keine *theory of mind* und Tiere im Vergleich mit den Menschen haben diese bestenfalls rudimentär. Es ist eine Theorie darüber, dass andere Menschen mentale oder psychische Funktionen besitzen, zu denen auch Emotionen gehören.

Es gibt im Wesentlichen zwei Theorien zur Erklärung der *theory of mind*. Die eine ist eine theoretische Theorie des Geistes (*theory theory*): Mentale Zustände werden als abgeleitete Hypothesen einer Theorie verstanden. Die andere ist eine Simulationstheorie der Theorie des Geistes (*simulation theory*). Die Simulationstheorie des Geistes besagt, dass man, um andere zu verstehen, bestimmte Prozesse, die für andere relevant sind, innerlich simulieren muss. Gemäß der Simulationstheorie werden die mentalen Zustände anderer Personen repräsentiert, indem man ihren Standpunkt einnimmt und man ihren Zustand mit dem eigenen empathischen Zustand verfolgt und abgleicht. Diese Simulationstheorie des Geistes ist eng mit den Spiegelneuronen bzw. Spiegelsystemen verbunden (Rizzolatti, 2005). Spiegelsysteme könnten die Basis für einen neuronalen Mechanismus darstellen, der der Empathie als wesentlicher mentaler Operation einer *theory of mind* unterliegt. Die Spiegelneuronen und Spiegelsysteme erklären aus evolutionärer und neurowissenschaftlicher Sicht, warum der Mensch eine *theory of mind* haben kann.

2.4.3 Empathie

Die Fähigkeit des Menschen, von den Emotionen anderer betroffen zu sein und ihre Gefühle zu verstehen, wird als "Empathie" bezeichnet. Einfühlungsvermögen ist ein wichtiger Faktor für die Entwicklung zwischenmenschlicher Fähigkeiten und trägt zur Förderung von pro-sozialem Verhalten bei. Die neuronalen Mechanismen der Empathie werden in jüngster Zeit immer besser erforscht, wobei man sich jedoch hauptsächlich auf emotionale Empathie, kognitive Empathie und physiologische Schmerzempathie konzentriert hat, deren komplexe neuronale Korrelate noch nicht vollständig verstanden sind.

Das DMN ist wichtig für Empathie (Raichle et al., 2001). Einige Forscher haben herausgefunden, dass einige Hirnregionen in der funktionellen MRT unter experimentellen Bedingungen in ruhigen Situationen aktiver sind als bei aktiven Aufgaben. Darunter befanden sich der mediale präfrontale Kortex (mPFC), der mediale Temporallappen und der posteriore cinguläre Kortex.

Einige Forscher haben zudem herausgefunden, dass die Insula ein Gefühl für Moral, Empathie und emotionale Reaktionen auf Musik hervorruft (Reiman, 1997; Mayberg et al., 1999; Damasio et al., 2000; Phillips et al., 1997; Ploghaus et al., 1999). Damasio (1996) stellt eine *Somatic-Marker-Hypothesis* (SMH)

auf. Er argumentiert, dass rationales Denken nicht unabhängig von Erleben und Emotionen sein könne und dass die Insula dabei eine wichtige Rolle spiele. Ein anderer Neurowissenschaftler, Craig (2002), beschrieb die neuronalen Bahnen, die den Körper mit der Insula verbinden und stellte fest, dass die Insula eine wichtige Rolle bei der Bildung der Grundlage für die subjektive Bewertung des eigenen Zustands oder „wie man sich fühlt" spiele. Er deutet an, dass dies möglicherweise nur beim Menschen der Fall sei.

Einige Wissenschaftler argumentieren, dass Empathie sowohl kognitive als auch emotionale Komponenten beinhalte (Cuff et al., 2016). Emotionale Empathie ist die primäre Form der Empathie, die sich darauf bezieht, „zu fühlen, was wir fühlen". Unsere Emotionen werden von den Emotionen anderer beeinflusst. Kognitive Empathie hingegen ist die Fähigkeit, andere zu verstehen und zu wissen, was sie fühlen. Der Prozess des genauen Verstehens der Gedanken einer anderen Person beinhaltet die Fähigkeit, Perspektiven einzunehmen und psychologische Theorien zu entwickeln (Shamay-Tsoory et al., 2009). Es hat sich gezeigt, dass individuelle Empathie Gehirnregionen aktiviert, die mit kognitiven Prozessen wie der Theorie des Geistes (*theory of mind*) verbunden sind (Freedberg & Gallese, 2007).

Noch eine Anmerkung zum kausalen Erklärungsansatz von Mathematik, Physik und Neurowissenschaften: In der Physik wird die Kausalität mit mathematischen Funktionen beschrieben. Wenn es in den Neurowissenschaften nur um Neurotransmitter geht, dann ist es die gleiche Kausalität wie in der Physik: Es ist eine physikalische Kausalität. Die Neurophysiologie versucht, biologische Prozesse mit physikalischer Begrifflichkeit beziehungsweise mit physikalischer Kausalität zu erklären. Bei bildgebenden Verfahren, geht es darum, welche Hirnteile oder welche Bereiche bei mentalen Prozessen aktiv sind und in Korrelation stehen. Wir sehen Aktivität, da erhöhter Blutfluss vorhanden ist. Dieser Blutfluss deutet darauf hin, dass dort, wo besonders erhöhte Aktivität ist, eine physikalische Kausalität im Bereich der Biologie vorliegen könnte. Dies ist in der Neurophysiologie sehr wichtig. Die Neurophysiologie benutzt dann Mathematik, diese Kausalität zu beschreiben. Aber Mathematik alleine hat nichts mit Kausalität zu tun. Bei solch einem Ansatz handelt es sich um eine theoretische Einstellung oder Überzeugung, die dazu dient, eine Theorie zu verallgemeinern, die sich zur Erklärung des menschlichen Bewusstseins ganz oder überwiegend auf naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden stützt. Die Frage, wie man den immateriellen und nicht quantifizierbaren Geist in einer mathematischen Theorie der Materie verorten kann, konnte jedoch bisher nicht zufriedenstellend beantwortet werden.

Auch aus der evolutionsbiologischen Perspektive handelt es sich bei der Entstehung geistiger Fähigkeiten des Menschen handelt es sich um ein bemerkenswertes Problem: Der letzte gemeinsame Vorfahr von Mensch und Schimpanse findet sich vor etwa 6 Millionen Jahren, was auf der evolutionären Zeitskala kurz ist. Die Herausbildung von eindeutig menschlichen kognitiven Fähigkeiten erfolgte erst vor etwa 200.000 Jahren mit dem Auftreten des Homo sapiens, so dass es einfach nicht genügend Zeit für die konventionellen Prozesse der biologischen Evolution gab, um Stück für Stück die verschiedenen kognitiven Fähigkeiten hervorzubringen, die für die Entwicklung komplexer Werkzeuge und Technologien, verschiedener Formen symbolischer Kommunikation und Repräsentation sowie sozialer Organisation und

Institutionen notwendig waren (Tomasello, 2002). Wir haben es im Kontext der Evolutionsbiologie mit einem zeitlichen Rätsel zu tun. Wie könnte dieses gelöst werden?

2.4.4 Michael Tomasello und die *dual inheritance theory*

Michael Tomasello verbindet in seinem Forschungsansatz Untersuchungen zur Phylogenese und Ontogenese. Die Theorie der doppelten Vererbung (*dual inheritance theory*) wurde in den 1960er bis Anfang der 1980er Jahre entwickelt, um zu erklären, wie menschliches Verhalten ein Produkt zweier unterschiedlicher und interagierender evolutionärer Prozesse sein kann: der genetischen Evolution und der kulturellen Evolution (Tomasello, 1999). Das Modell der doppelten Vererbung besagt, dass Menschen eine biologisch vererbte Fähigkeit zur kulturellen Lebensform besitzen.

Nimmt man Tinbergens phylogenetische Fragestellung und vergleicht zum Beispiel die geistigen oder motorischen Leistungen noch lebender Makaken mit denen von Kleinkindern, so stellt man fest, dass Kleinkinder bis zum Alter von etwa zwei Jahren ein ähnliches Leistungsniveau wie Makaken aufweisen. Dann können Versuche unternommen werden, die Fähigkeiten des vor etwa 25 Millionen Jahren lebenden gemeinsamen Vorfahren von Mensch und Makak zu rekonstruieren. Tomasello hat dieses komparative Vorgehen in Experimenten umgesetzt, indem er u. a. die Fähigkeiten und das Verhalten von Kindern und Schimpansen verglichen hat. Dabei hat er insbesondere deren kognitive und soziale Fähigkeiten verglichen.

Zu Beginn der menschlichen Evolution gefährdeten Tiere und unvorhersehbare Ereignisse das Überleben des Menschen. Das mächtigste Werkzeug zum Überleben und Ausdruck der kognitiven Fähigkeiten des Menschen ist seine Intelligenz, die seine innovativste „Überlebenstechnik“ ist (Tomasello, 1999). Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen geben ihm die Möglichkeit, seine Umgebung zu erkennen, sich zu erinnern, zu analysieren und durch Kommunikation und Signale zusammenzuarbeiten, um den Mangel an individueller Stärke auszugleichen. Gleichzeitig ist der Mensch auch geschickt darin geworden, Gegenstände außerhalb seines Körpers zu seinem Vorteil zu nutzen. Er hat auf dieser Grundlage Gegenstände erfunden und geschaffen, die als „Werkzeuge“ bezeichnet werden und effektiver sind als z. B. Krallen, Zähne und Hörner der Tiere (Ward, 2016). Weil die Intelligenz des Menschen durch komplexe Handlungen wie Arbeit einen so großen Nutzen bringt, wurde sie von der natürlichen Auslese begünstigt und im Laufe der Menschheitsgeschichte weiterentwickelt und gestärkt. Sie wurde so zu einer mächtigen treibenden Kraft in der Evolution der menschlichen Kultur. Mit der Entwicklung des menschlichen Erfindungsgeistes wurden Werkzeuge erfunden und verbessert, die es dem Menschen ermöglichte, sich gegen Feinde zu verteidigen, Nahrung zu beschaffen und raue Umgebungen zu überwinden. Die Intelligenz hat den Menschen durch die natürliche Auslese in eine besondere evolutionäre Position gebracht.

Es gibt einen großen Unterschied zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Primaten. Dieser besteht in der Tatsache, dass Menschen sich durch soziale Kognition und eine *theory of mind* mit ihren Artgenossen tiefer identifizieren als andere Primaten. Bei der traditionellen *Nature-Nurture*-Fragestellung handelt sich im Kern, um die Unterscheidung zwischen biologischer und kultureller Vererbung (Tomasello,

2002). Wenn es die sozialen kognitiven Fähigkeiten sind, die den Menschen von anderen Primaten auf der Ebene des individuellen Verstandes und Gehirns unterscheiden, dann scheint es die Komplexität der Kultur selbst zu sein, die den Menschen von anderen Spezies unterscheidet. Die Fähigkeit des Menschen, Kultur zu schaffen und zu ermöglichen, dass sie sich sprunghaft entwickelt, wird letztlich durch die Beschaffenheit der entsprechenden genetischen Ausstattung bestimmt (Tomasello, 1999, 2002). Es besteht die Tendenz, Kultur eher als Umwelteinfluss denn als genetische Auswirkung zu betrachten. Das bedeutet, dass wir nicht mit der Veranlagung geboren werden, eine bestimmte Sprache zu sprechen oder eine bestimmte Religion zu praktizieren (Arbib, 2018). Während Unterschiede zwischen Kulturen größtenteils auf Umweltfaktoren zurückzuführen sind, wie zum Beispiel wann und wo wir geboren werden, sind Ähnlichkeiten zwischen Kulturen mit ziemlicher Sicherheit durch Biologie und Evolution bedingt.

Kulturelle Gene sind durch umweltbedingten und sozialen Einfluss erworben. Die kulturelle Evolution wurde durch soziales Lernen, dessen Grundlage die soziale Kognition bildet, ermöglicht und bildet die Basis für die kulturelle Weitergabe positiver gesellschaftlicher Errungenschaften. Beispielswiese werden die wichtigsten strukturellen Merkmale der Musik durch einen kulturellen Übertragungsprozess selbst geprägt (Merker et al., 2018). In menschlichen Gesellschaften gibt es zwei wirksame Grundformen des kollektiven Erfindungsreichtums oder der Soziogenese: Zum einen Werkzeuge wie den Hammer oder sprachliche Symbole und zum anderen Versuche, gemeinschaftlich Probleme zu lösen. Der Prozess der Soziogenese umfasst Sprache und Mathematik.

Tomasello legt dar, dass die frühen Menschen begannen, Afrika zu verlassen und den Globus zu ‘ bereisen’. Es gelang ihnen zunächst aber nicht, längere Zeit außerhalb Afrikas zu überleben. Vor etwa sechs Millionen Jahren gedieh in Afrika eine Gruppe von Affen, die von ihren Artgenossen isoliert lebte und sich später in verschiedene Arten aufspaltete. Alle diese neuen Arten starben schließlich aus, mit Ausnahme einer Art, die vor etwa zwei bis drei Millionen Jahren vor unserer Zeitrechnung lebte und ein größeres Gehirn, die Fähigkeit zur Herstellung von Steinwerkzeugen und eine so große Variationsbreite aufwies, dass sie nicht nur einen neuen Artnamen, sondern auch einen neuen Gattungsnamen benötigte: Dieser Gattungsname war „Mensch“: Es war der Homo habilis. Vor etwa 200 000 Jahren begann mit einer neuen Art des Menschen eine weitere neue evolutionäre Entwicklung mit einer neuen Lebensweise, die sich über die ganze Welt verbreitete, wobei sie sich im Wettbewerb mit anderen menschlichen Arten durchsetzte: der Homo sapiens – der Mensch, der wir heute sind.

Nehmen wir an, dass die vollständige Abfolge der evolutionären Ereignisse darin bestand, dass der Mensch eine neue Art von sozialer Kognition entwickelte, die zu verschiedenen neuen Formen des sozialen Lernens und auch zu einigen neuen Prozessen der sozialen Evolution und kumulativen kulturellen Evolution führten. Damit wäre das oben erwähnte zeitliche Rätsel[22] gelöst. Denn es wird behauptet, dass es eine und nur eine, biologische Anpassung gibt, die zu jedem Zeitpunkt der menschlichen Evolution, auch in jüngster Zeit, stattfinden kann. Die Art von kulturellem Prozess, der durch diese einzige biologische Anpassung freigesetzt wird, erzeugt keine neuen kognitiven Fähigkeiten aus dem Nichts, stattdessen werden einfach

[22] Siehe letzter Absatz 2.4.3

bestehende, individuell basierte kognitive Fähigkeiten genutzt, wie sie die meisten Primaten für die Verarbeitung von Raum, Objekten, Werkzeugen, Mengen, Kategorien, sozialen Beziehungen, Interaktionen und sozialem Lernen haben. Diese Fähigkeiten werden in kulturell basierte kognitive Fähigkeiten mit einer kollektiven sozialen Dimension umgewandelt. Ein Paradebeispiel dafür ist die Herstellung und Verwendung von Werkzeugen (Tomlinson, 2015). Die archäologischen Aufzeichnungen enthalten zahlreiche Beispiele für zweischneidige Steinhandbeile, die von unseren paläolithischen Vorfahren hergestellt wurden. Diese Werkzeuge weisen bemerkenswerte Einheitlichkeit in ihren funktionalen und ästhetischen Eigenschaften auf, was auf ihre Herstellungsmethode und ihren Herstellungsplan schließen lässt (Wynn, 1996, 2002; Coolidge & Wynn, 2016).

Die Rolle der Gene wurden bereits im vorigen Abschnitt angesprochen, aber neben der genetischen Vererbung gibt es auch eine kulturelle Vererbung. Die Kultur als konkrete Erscheinungsform der Kognition hat ihre Motivation und ihre Produktionsmechanismen im menschlichen Gehirn. Das Gehirn, ein Produkt der Adaptation, hat verschiedene Funktionen, die den biologischen Zwecken des Menschen dienen. Wir betrachten unsere kognitiven Fähigkeiten sowie unser kulturelles Verhalten als einzigartig menschlich (Tomasello, 1999, 2002, 2007, 2019) und darüber hinaus als demselben evolutionären Zweck gewidmet wie andere vom Gehirn vorgegebene Verhaltensaktivitäten: der Verbesserung der allgemeinen Fitness des Menschen. Vielleicht erklärt dies auch die Ursache für die Entstehung von Genen, die kulturelle Kompetenz schaffen. Lediglich die Plastizität des kulturellen Verhaltens und das spezifischere Spektrum an Anpassungen, das der Mensch im Vergleich zu anderen Verhaltensweisen entwickeln konnte, veranlassen uns dazu, Kultur als einen völlig neuen Anpassungsmechanismus zu betrachten, den eine Art in einer bestimmten Phase ihrer Evolution übernommen hat und der dem Menschen eine neue Art von Anpassungsfähigkeit verleiht, die sich von der der Tiere unterscheidet.

Richard Dawkins argumentiert, dass der Prozess der kulturellen Evolution der biologischen Evolution ähnlich sei (Dawkins, 1989). Kultur sei biologisch begründet, zeichne sich aber auch durch ihren sozial-gemeinschaftlichen Charakter aus, der durch das Verstehen, die Interaktion oder die Kommunikation mit Anderen entstehe. Kulturelle Muster und der menschliche Geist selbst würden durch die Interaktionen und Beziehungen zwischen den Mitgliedern der jeweiligen Kulturen gebildet (Boiger & Mesquita, 2012). Der Neuroinformatiker Michael A. Arbib charakterisiert dies auf prägnante Weise (Arbib 2012, S. 24): „*The network of meanings we call culture arises from the joint interaction of human brains. This network forms the living content of the mind, so that the mind is communal in its very nature: It cannot be derived from any single brain in isolation*." Laut Tomasello und Kollegen (Tomasello et al., 2005) verfügt der Mensch über viele kognitive Fähigkeiten, die seine nächsten Verwandten, die Schimpansen, nicht besitzen. Die Hypothese der kulturellen Intelligenz besagt, dass dies größtenteils auf eine Reihe artspezifischer sozialer kognitiver Fähigkeiten zurückzuführen sei, die sich früh in der Phylogenese herausbildeten und dazu dienten, sich an kulturellen Gruppen zu beteiligen und Wissen über diese zu vermitteln. Eine Studie von Tomasello und Kollegen (Tomasello et al., 2005) verglich die physische und soziale Intelligenz von zwei bis drei Jahre alten Kindern mit der von Schimpansen und Orang-Utans. Junge Kinder und nicht Erwachsene wurden untersucht,

um die Auswirkungen des kulturell bedingten formalen Trainings einzuschränken. Die Kinder zeichneten sich nicht durch die Erfüllung physischer Aufgaben wie räumliches Gedächtnis (Auffinden einer Belohnung), Zahlendiskriminierung und Werkzeuggebrauch (Verwendung eines Stocks, um eine versteckte Belohnung zu erhalten) aus. Die Studie ergab hingegen, dass Menschen bei Aufgaben in sozialen Bereichen wie sozialem Lernen (Lösen eines Problems nachdem eine Lösung präsentiert wurde), Kommunikation (Zeigen auf versteckte Belohnungen) und Blickverfolgung (Tomasello, 1999, 2007) bessere Leistungen zeigten als die nichtmenschlichen Primaten. Dies führte zu der Annahme, dass die soziale Kognition die Entwicklung der menschlichen Intelligenz begünstige.

Obwohl Schimpansen offensichtlich kulturelle Traditionen im weitesten Sinne aufweisen, beruhen diese Traditionen sehr wahrscheinlich auf anderen Prozessen sozialer Kognition und sozialem Lernens als die kulturellen Traditionen des Menschen. In einigen Fällen braucht dieser Unterschied nicht zu konkreten Unterschieden in den Ergebnissen der sozialen Organisation, der Informationsübermittlung oder Kognition von menschlichen und nicht-menschlichen Primaten zu führen. Aber in anderen Fällen ergibt sich ein entscheidender Unterschied, der sich in Prozessen kultureller Evolution niederschlägt, durch die eine kulturelle Tradition Veränderungen über die Zeit hinweg festigt, verbessert und akkumuliert (Tomasello, 1999, 2002). Tomasello argumentiert, dass es nur einen bekannten biologischen Mechanismus gebe, der solche Verhaltens- und kognitiven Veränderungen in einem so kurzen Zeitraum bewirken könne. Dieser biologische Mechanismus sei die soziale Kognition in Verbindung mit sozialem Lernen, die eine kulturelle Verbreitung ermögliche, die auf der Zeitskala viel schneller verlaufe als die biologische Evolution. Die erstaunliche Bandbreite an kognitiven Fähigkeiten, die der moderne Mensch aufweise, sei das Ergebnis einer kulturellen Übertragung oder kulturellen Weitergabe, wie sie nur bei der menschlichen Spezies möglich sei. Vor diesem Hintergrund stellt Tomasello (2002) die Hypothese auf, dass sich vor allem die kulturellen Traditionen und Artefakte des Menschen im Laufe der Zeit kumulativ entwickelt hätten und zwar im Rahmen einer kumulativen kulturellen Evolution, die bei anderen Tierarten nicht zu beobachten sei. Die kumulative Kultur des Menschen sei durch einen Wagenhebereffekt (*ratchet effec*t) charakterisiert. Die grundlegende Tatsache sei also, dass der Mensch die Fähigkeit besitze, seine kognitiven Ressourcen in einer Weise zu teilen und zu tradieren, die andere Tiere nicht hätten. Er geht davon aus, im rein kognitiven Bereich sei die biologische Vererbung beim Menschen derjenigen bei anderen Primaten sehr ähnlich(Tomasello, 2002). Nichtmenschliche Primaten seien zwar selbst intentionale und kausale Wesen, aber sie verstünden die Welt nicht in intentionalen und kausalen Begriffen.

Tomasello sagt, insbesondere habe der moderne Mensch die Fähigkeit entwickelt, sich mit Mitgliedern seiner eigenen Art zu identifizieren, was zu einem Verständnis der eigenen Artgenossen als intentionale und teleologische Wesen wie das Selbst geführt habe (Tomasello, 2002). In diesem Zusammenhang unterscheidet Tomasello das kulturelle Lernen des Menschen von der breiteren Form des sozialen Lernens, indem er drei Grundformen charakterisiert: Imitationslernen, rezeptives Lernen und kooperatives Lernen. Alle drei Arten des Lernens sind kulturelles Lernen. Sie sind aufgrund einer sehr spezifischen Form der sozialen Kognition möglich, nämlich der Fähigkeit einzelner Lebewesen, Angehörige

ihrer eigenen Art als mit sich selbst identisch zu verstehen, sie als absichtsvolle und achtsame Lebewesen zu begreifen, genau wie sie selbst. Dieses Verständnis ermöglicht es dem Einzelnen, die Gedanken anderer zu simulieren, so dass er nicht nur von anderen, sondern auch durch andere lernen kann.

Pinker ist der Meinung, dass das menschliche Verhalten sich von Kultur zu Kultur unterscheide, aber die mentalen Prozesse, die es hervorbringe, unterschieden sich nicht notwendigerweise im Aufbau (Pinker, 2002). Intelligentes Verhalten könne von Individuen erfolgreich erworben werden, weil sie über ein angeborenes System verfügten, das Lernen ermögliche. Bei den biologischen und kulturellen Prozessen der Evolution der menschlichen Kognition, den wichtigen Ereignissen, die tief in der Vergangenheit liegen und die wir nur sehr wenig erfassen, konzentriert sich Tomasello mehr auf die individuelle Entwicklung der menschlichen Kognition. Er fokussiert die Prozesse, durch die Kinder ihr biologisches und kulturelles Erbe aktiv entwickeln und nutzen. Was die individuelle Entwicklung beträfe, so wachse das Kind inmitten dieser vom Menschen geschaffenen Objekte und Traditionen auf, die sozial und historisch konstituiert seien, was es ihm ermögliche 1) von dem Wissen und den Fähigkeiten zu profitieren, die sie in ihren eigenen Gruppen erworben hätten; 2) perspektivische kognitive Repräsentationen in Form von sprachlichen Symbolen (und den verschiedenen Analogien und Metaphern, die aus diesen Symbolen konstruiert werden) zu erwerben und zu verwenden; und 3) bestimmte Arten der diskursiven Interaktion in metakognitive Fähigkeiten, Repräsentationsrepertoires und dialogisches Denken zu verinnerlichen.

Es gibt die Hypothese, dass sich die proto-musikalische und proto-linguistische Kommunikation, die sich zunächst auf mündliche Ko-Präsenz-Interaktionen beschränke, d. h. direkte Begegnungen von Angesicht zu Angesicht mit Gesten und einer begrenzten Anzahl von Sprachlauten, allmählich zu komplexeren Sequenzen von kommunikativen Handlungen entwickelte. Im Laufe der Zeit führte dies zu immer komplexeren Formen des gemeinsamen Handelns und der sozialen Verständigung (Dunbar, 1996, 2003; Knoblich & Sebanz, 2008; Sterelny, 2012). Solche Entwicklungen im Kulturkreislauf würden in den koevolutionären Kreislauf zurückgeführt und ermöglichten es, ökologische Nischen auf neue Art und Weise zu erforschen und bisher unbekannte Formen des Engagements zu bieten. Dies wiederum verändere den Selektionsdruck, was zu stufenweisen Verschiebungen in der Systemdynamik führe, bei denen frühere Beschränkungen abgeschwächt und neue verhaltenskognitive Phänotypen möglich würden. Diese Veränderungen fänden nicht auf einer evolutionären, sondern auf einer historischen Zeitskala statt und es könnten noch viele, viele weitere in dieser Ära auftreten, allein über Tausende von Jahren.

So entstanden verschiedene neue Formen des kulturellen Lernens und der sozialen Evolution, die zu kulturellen Artefakten und Verhaltenstraditionen führten, die sich im Laufe der Geschichte immer weiter verbesserten. Im Jungpaläolithikum begünstigte der Einfluss kultureller Zyklen zunehmend die Fähigkeit, die Handlungen und Absichten anderer zu verstehen (Tomasello, 1999). Diese Entwicklungen ermöglichten die Mobilisierung materieller und sozialer Ressourcen auf neue Art und Weise, was zur Herstellung komplexerer Artefakte (z. B. Musikinstrumente) sowie zu anspruchsvolleren Arten kultureller Aktivitäten (z. B. Rituale) und Kommunikation führte, einschließlich der für Sprache und Musik erforderlichen hierarchischen und kombinatorischen Strukturen und Prozesse.

Auch wenn die kulturelle Evolution niemals alle Aspekte der Musik erklären kann, bietet sie einen nützlichen theoretischen Rahmen für das Verständnis der Vielfalt und des Wandels in der Musik (Savage, 2019). Musik ist ein interaktiver Prozess, bei dem verschiedene musikalische Elemente im Laufe einer ausgedehnten Zeitspanne als Verhaltensinnovationen entstehen. Aufgrund der anfänglichen positiven Effekte erzeugen sie in nachfolgenden biologischen Anpassungen und sozialen Bereichen neues Wissen, was wiederum zu neuen Innovationen führt. Dieser Zyklus wiederholt sich fortwährend. Aber wenn man der Theorie der doppelten Vererbung wie Tomasello folgt, wäre die Natur als Basis zu verstehen, über der die Kultur als Überbau stehen würde. Wenn aber die Fähigkeiten einer besonderen Art in der sekundären, abgeleiteten Art selbst zu finden sind, würde das zu der Frage führen: Haben wir es noch mit einer natürlichen, biologisch definierten Art zu tun? Tomasello gibt jedoch keine Antwort auf diese Frage.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kognitionswissenschaft die Debatte über angeborene oder erworbene Fähigkeiten nicht vollständig hinter sich gelassen hat (Pinker, 2002), sondern dass sie sich nun mit der Frage beschäftigt, inwieweit die geistige Aktivität des Menschen durch neuronale Schaltkreise im Gehirn bestimmt wird, die sich durch ein Wechselspiel von genetisch und umweltmäßig bedingten Faktoren entwickelten oder rein durch genetisch determinierte neuronale Mechanismen bestimmt wird. Im Raum steht unter anderem die Position des Philosophen Jerry Fodor (1998), der argumentiert, dass alle Konzepte angeboren seien: Selbst Konzepte für Objekte wie Werkzeuge, Stühle und Hammer seien angeboren. Der Linguist Noam Chomsky (1974) vertritt die Auffassung, dass der Begriff Lernen irreführend sei und dass wir stattdessen sagen sollten, dass Kinder Sprache erwürben. Tomasellos Forschungen und die doppelte Vererbungstheorie (*dual inheritance theory*) bieten eine neue Möglichkeit für die Debatten um die biologische und kulturelle Evolution, indem sie sowohl biologische als auch kulturelle Perspektiven in dieselbe Dimension stellen, um zu erklären, was in einer Kultur geschieht.

3 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als Produkt der sozialen Interaktion und des emotionalen Ausdrucks

Obwohl es unterschiedliche Kulturen gibt, findet sich Musik wie Sprache auf der ganzen Welt. Es ist zu fragen, warum es Musik überall auf der Welt gibt. Außerdem stellt sich die Frage, was Wissenschaftler, die Musik studieren, dazu veranlasst, sich zu fragen, welche Kraft dazu beigetragen hat, dass Musik überhaupt entstanden ist. Es gibt universelle musikalische Elemente wie Tonhöhe, Rhythmus und Melodie, die in unterschiedlichen Kulturen der Welt zu finden sind. Diese Merkmale könnten auf gemeinsame kognitive und emotional-evolutionäre Mechanismen zurückzuführen sein, die in der menschlichen Musikverarbeitung verankert sind.

Die musikpsychologische Evolutionsforschung hat verschiedene Hypothesen entwickelt, um zu erklären, warum es auf der ganzen Welt Musik gibt. Patrick E. Savage und Kollegen (Savage et al., 2021)

haben eine Hypothese aufgestellt, wie Musik zur Förderung des Gruppenzusammenhalts beitragen kann, indem sie soziale Bindungen[23] und Kooperation stärkt.

Jaak Panksepps (2010) Konzeption des Trennungs-Angst-Systems basiert auch auf der Idee, die Wirkung von Musik auf den Menschen durch soziale Bindung zu erklären. Diese Konzeption besagt, dass Musik aufgrund ihrer Fähigkeit, das Trennungs-Angst-System des Gehirns zu aktivieren, eine beruhigende Wirkung auf den Hörer haben kann. Das Trennungs-Angst-System ist ein evolutionärer Mechanismus, der bei Säugetieren dazu beiträgt, dass sich Kleinkinder an ihre Eltern binden und so überleben können. Panksepp (2003) argumentierte, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion eine adaptive Funktion hatte, die auf eine evolutionäre Geschichte zurückgehe. Er betrachtet die Gänsehaut-Reaktion als ein evolutionäres Relikt der thermoregulatorischen Reaktion auf Kälteempfindungen. Weiterhin brachte er (Panksepp, 2010) sie mit der emotionalen Qualität von Traurigkeit in Verbindung. Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion sei nicht universell. Sie könne von Person zu Person sowie von Musikstück zu Musikstück unterschiedlich sein. Panksepps (Panksepp, 2010) Konzeption des Trennungs-Angst-Systems besagt aber, dass es eine bestimmte Art von Musik geben könne, die eine höhere Wahrscheinlichkeit habe, eine solche Reaktion auszulösen: Eine Chill-Reaktion werde häufig durch bittersüße Lieder über unerwiderte Liebe, Verlust oder Sehnsucht ausgelöst, in denen sich persönliche soziale Emotionen widerspiegeln. Eine Gänsehaut-Reaktion kann jedoch als Ausdruck unserer umfassenderen sozialen Natur auch durch patriotischen Stolz bei Gedenkfeiern für gefallene Soldaten ausgelöst werden. Das Trennung-Angst-System bezieht sich zentral auf die Mutter-Kind-Bindung bei Säugetieren. Dies ist auch eine soziale Bindung. Die Erweiterung der Fragestellung von der Gänsehaut-Reaktion auf die Funktion der sozialen Bindung ist eine Möglichkeit, die soziale Funktion von Musik zu betrachten.

3.1 Schwierige Punkte über den Ursprung der Musik

Die möglicherweise adaptive Funktion der Musik ist eine von mehreren unverzichtbaren Ebenen der Analyse der kognitiven und biologischen Phänomene, die der Musikalität bzw. Musikfähigkeit zugrunde liegen können. Charles Darwin (1871) hat nahegelegt, dass die Musik des Menschen durch Adaptation sowie sexueller und natürlicher Selektion entstanden sei und eine biologische Bedeutung habe. Im 19. Jahrhundert wurde Darwins Theorie nicht ausreichend beachtet. Es wurde allgemein angenommen, dass der Ursprung der Musik wenig mit der Evolution zu tun habe. Geoffrey Miller (2001) erweiterte Darwins Theorie der sexuellen Selektion, indem er argumentiert, dass die sexuelle Selektion durch Partnerwahl in der psychischen Evolution des Menschen eine wichtige Rolle gespielt habe. Insbesondere die eher selbstdarstellerischen Aspekte des menschlichen Verhaltens wie Kunst und Moral, deren Überlebenswerte sich als schwer fassbar erwiesen hätten, deren adaptive Gestaltungsmerkmale jedoch darauf hindeuteten, dass sie sich durch gegenseitige Selektion beider Geschlechter entwickelt hätten, um Intelligenz, Kreativität, moralischen

[23] Der Schlüsselbegriff "soziale Bindung" bezieht sich auf die Bildung, Stärkung und Aufrechterhaltung von Beziehungen zu bestimmten Artgenossen, d. h. auf den Satz sozialer Prozesse, die die gebundenen Beziehungen hervorbringen, die prosoziales Verhalten unterstützen (Savage et al., 2021, S. 2).

Charakter und Vererbbarkeit zu fördern (Miller, 2001), dürften sich durch die sexuelle Selektion erklären lassen.

Neben dem möglichen Überlebens- oder Reproduktionswert der Musik (Anpassung; Adaptation bzw. Funktion) können auch ihre neurobiologischen Substrate (Mechanismen), ihr Entwicklungsverlauf (Ontogenese) und ihre Evolutionsgeschichte (Phylogenese) untersucht werden (Honing, 2015). Es wäre die Kombination von funktionalen, entwicklungsbezogenen, phylogenetischen und mechanistischen Ansätzen notwendig, um eine Theorie der musikalischen Fähigkeit – der gattungsspezifischen Musikalität – zu erstellen und sich dabei auf die konstituierenden Fähigkeiten der Musikalität zu konzentrieren. Man kann die verschiedenen Ebenen der Informationsverarbeitung im Zusammenhang mit der Wahrnehmung und kognitiven Verarbeitung von Musik untersuchen oder die kognitiven und biologischen Ursprünge der Musik aus psychologischer, physiologischer, genetischer, medizinischer, phylogenetischer sowie kulturübergreifender Perspektive betrachten (Honing, 2015). Insgesamt ist die Entstehung und Entwicklung der menschlichen Musikalität ein komplexes Phänomen, das auf verschiedenen Ebenen untersucht werden sollte und Gegenstand intensiver Forschung ist. Aus evolutionsbiologischer und -psychologischer Sicht sind Musik und Musikalität zu unterscheiden.[24]

Musik ist eine kreative Ausdrucksform, die von verschiedenen Kulturen auf der ganzen Welt entwickelt wurde. Sie umfasst sowohl gesungene als auch instrumentale Klänge und kann für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Unterhaltung, zur emotionalen Ausdrucksweise oder zur rituellen Praxis, verwendet werden (Honing et al., 2015). Es gibt weitere Charakterisierungen, die sich bevorzugt in der Musiksoziologie und Musikethnologie finden:[25] Beispielsweise wird Musik als Instrument zur Konstituierung emotionalen Verhaltens in einer Reihe von sozialen Kontexten und über soziale Kontexte hinweg betrachtet (Turino, 2008). Die Hörer werden nicht nur passiv von der Musik beeinflusst, sondern konstruieren aktiv ihre Fähigkeit, von ihr bewegt zu werden. Musik wird verwendet, um emotionale Qualitäten und Ebenen zu regulieren und zu verstärken. Musik ist sowohl ein Auslöser als auch ein Behälter für Emotionen wie Wut, Trauer, …. Dem sollte hinzugefügt werden, dass die Charakterisierungen von Musik von Kultur zu Kultur variieren.

Ian Cross (2006) ist der Meinung, dass Musik ein Produkt sozio-kultureller Interaktionen des Menschen sei; sie sei eine notwendige und integrale Dimension der menschlichen Entwicklung und habe möglicherweise eine zentrale Rolle bei der Entwicklung des menschlichen Geistes gespielt. Später fügt Cross

---

[24] Die Definitionen von „Musik", „Musikalität" und „Musikfähigkeit" überschneiden sich in der Literatur, aber es gibt auch Unterschiede: Musik verkörpert eine kulturelle und künstlerische Praxis, bei der Klänge, Töne und Rhythmen in einer organisierten Struktur arrangiert werden (Savage et al. 2021; Fitch, 2018). „Musikalität" hat zwei Bedeutungen:
1) Das Individuelle gegenüber anderen Individuen besonders ausgezeichnete Talent bzw. Begabung
2) Die allen bzw. dem Menschen zugrunde liegende gattungsspezifische Disposition/Fähigkeit Musik produzieren und rezipieren zu können. Nach Fitch (Fitch, 2018; Savage et al. 2021) besteht die Musikalität des Menschen aus verschieden Fähigkeiten/ Komponenten – unter Musikfähigkeit könnte man auch die individuellen musikalischen Fähigkeiten von Menschen einer Kultur verstehen.
Honing ist der ähnlichen Meinung: Musik umfasst die vielfältigen kulturellen Produkte, die durch und für die Musikherstellung entstehen: Lieder, Instrumente, Tanzstile und so weiter (Honing, 2018A, B). Musikalität umfasst die zugrunde liegenden biologischen Fähigkeiten, die es uns ermöglichen, Musik wahrzunehmen und zu produzieren (Honing, 2018A, B)

[25] In der Musikwissenschaft existieren unterschiedliche Auffassungen über das Musikverständnis. Die Musik einiger Kulturen mag keine harmonische Struktur haben, aber diese Kulturen weisen dennoch reiche Klangtraditionen auf. Diese drohen, in der traditionellen westlichen Musiktheorie übersehen zu werden. Daher ist es in interkulturellen Studien wichtig, eine offene Definition von Musik beizubehalten, um zu vermeiden, dass eine spezifische kulturelle Perspektive auf andere Kulturen übertragen wird.

(2016) hinzu, dass das Phänomen der Gänsehaut, das durch das Hören von Musik ausgelöst werde, universell sei, dass Musik ebenfalls universell sei, dass Forscher, wenn sie Musik aus der ganzen Welt vergleichen würden, Gemeinsamkeiten oder Merkmale in dieser Musik finden könnten. Die meisten Musikethnologen würden zustimmen, dass es in allen bekannten Kulturen etwas gebe, dass man aus wissenschaftlicher Sicht als „Musik" bezeichnen könne und dass in den Denk- und Verhaltensmustern aller bekannten Gesellschaften zu finden sei. Wenn dies tatsächlich der Fall sei, angesichts der gemeinsamen biologischen Merkmale der Menschen als Mitglieder einer Spezies, dann könne das, was Musik in verschiedenen Kulturen ausmache, einen allgemeinen Denk- und Verhaltensprozess widerspiegeln, der im Prinzip ein geeigneter Schwerpunkt für die Erforschung im Sinne der Evolutionstheorie sei (Cross, 2016).

In einigen Forschungskontexten bezieht sich „Musikalität" auf eine gattungsspezifische Fähigkeit des Menschen, Musik zu verstehen und sich mit ihr zu beschäftigen. „Musikalität" charakterisiert insofern die allgemeine Fähigkeit der Gattung, musikalische Strukturen, Rhythmen und Melodien zu erkennen, zu analysieren und darauf zu reagieren. Dies ist eine gattungsspezifische Fähigkeit, die als solche allgemein als Teil der menschlichen kognitiven und sozialen Entwicklung angesehen wird, die in den meisten Kulturen und Gesellschaften zu finden ist (Fitch, 2015; Ravignani, 2018).

Manche Menschen können aufgrund ihrer persönlichen Erfahrungen, Ausbildung oder genetischen Veranlagung eine höhere musikalische Sensibilität oder Leistungsfähigkeit haben als andere. Obwohl die Gene für die Entwicklung der musikalischen Fähigkeiten wichtig sein können, dürfen die Rolle der individuellen Anstrengung und der Einfluss von Familie und Umfeld auf die musikalischen Fähigkeiten nicht außer Acht gelassen werden. Sowohl angeborene als auch erworbene Faktoren beeinflussen die Entwicklung der musikalischen Fähigkeiten eines Menschen. So wie eine gute musikalische Disposition zur Bildung eines musikalischen Umfelds beiträgt, erleichtert ein gutes musikalisches Umfeld wiederum die Umwandlung der musikalischen Disposition in realistische musikalische Fähigkeiten. Darüber hinaus können weder angeborene noch erworbene Faktoren allein aus einem Menschen einen Musiker machen, sondern nur wenn beide zusammenwirken, kann individuelle musikalische Exzellenz erreicht werden.

Fitch (2015) betont die Bedeutung der Interdisziplinarität der Forschung und die Notwendigkeit, verschiedene Ebenen der Erklärung zu integrieren, um die Musikalität besser zu verstehen. Er geht davon aus, dass die Forschung auf vier Ebenen der Analyse basieren sollte: der neurobiologischen Ebene, der genetischen Ebene, der vergleichenden Ebene und der kulturellen Ebene. Durch diese multidisziplinäre Herangehensweise könne die Bio-Musikologie ein umfassenderes Verständnis der Musikalität ermöglichen (Fitch, 2015). Fitch geht davon aus, dass Musikalität aus mehreren interagierenden Komponenten bestehe, von denen keine primär sei. Er nennt vier Kernkomponenten der Musikalität (Fitch, 2018, S. 34): *Song*[26]*,* i*nstrumental music/percussion/drumming*[27]*, social synchronization*[28] und *dance*.[29] *Song* als ein Teil der Musikalität, sei mit der Fähigkeit verbunden komplexeLauterzeugung zu erlernen und neuartige Laute zu

[26] Gesang

[27] Instrumentalmusik/Schlaginstrumente/Trommeln

[28] Soziale Synchronisation

[29] Tanz

verinnerlichen und wiederzugeben. *Instrumental music/percussion/drumming* unterliege die Fähigkeit, durch nicht-vokale Mittel kommunikativ-akustische Signale zu erzeugen. *Social synchronization* sei die Fähigkeit zur Synchronisation mit einem externem Zeitgeber. *Dance* seien komplexe, kommunikative Körperbewegungen, die in der Regel als optionale Begleitung zu einer multimodalen Darbietung mit Klangproduktion erfolgen.

Merkmale, die sich entwickelt haben, sind fast immer bei mehreren Gattungen zu finden, auch wenn sich ihre Morphologie und Funktion erheblich unterscheiden können. So haben beispielsweise die Arme des Menschen, die Vorderbeine von Katzen, die Flossen von Walen und die Flügel von Fledermäusen ähnliche Strukturen, weil sie vom selben gemeinsamen Vorfahren stammen und homologe Organe sind (Solomon, Berg & Martin, 2011). Wenn auch die menschliche Musikfähigkeit das Ergebnis der Selektion wäre, dann wäre es sehr wahrscheinlich, dass es bei anderen Arten musikähnliche Formen gäbe, die der menschlichen Musik ähnelten und musikähnliche Fähigkeiten, die der menschlichen Fähigkeit homolog wären.

Musik wird streng genommen als eine einzigartige und ausschließlich menschliche Eigenschaft oder Verhaltensweise betrachtet. Das bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass keine anderen Arten in der Lage sind, Schallwellen und akustische Ereignisse zu erzeugen, die für Menschen musikalisch klingen, oder dass bestimmte Tiere nicht auf solche Klänge reagieren können. Die Frage, ob Tiere rudimentäre musikalische Fähigkeiten haben, Unterschiede in der Art der von ihnen erzeugten ‘Musik’ wahrnehmen und ob Musik Auswirkungen auf ihr Verhalten hat, ist Gegenstand laufender Forschung. Es ist bekannt, dass auch Tiere ‘ Musik’ erzeugen, jedoch in einem begrenzten Ausmaß im Vergleich zum Menschen (Patel, 2010). Ein Beispiel hierfür sind Singvögel, die Schallwellen erzeugen, die für uns musikalisch wirken können. Ihr Repertoire ist jedoch begrenzt und ihre ‘Musik’ erfüllt oft soziale Funktionen wie die Markierung von Territorien oder die Balz (Fitch, 2015). Die Frage, ob Tiere tatsächlich ‘Musik’ erzeugen, ist komplex und diskussionswürdig, insbesondere in Anbetracht der vorherigen Behauptung, dass Musik eine ausschließlich menschliche Eigenschaft sei. Es erfordert eine differenzierte Betrachtung und Argumentation, um festzustellen, ob die von Tieren erzeugten Klänge tatsächlich als ‘Musik’ im menschlichen Sinne betrachtet werden können.

Aus biologischer Sicht sind kognitive Fähigkeiten das Resultat der Evolution. Kognitive Fähigkeiten sind natürliche, sich spontan entwickelnde geistige Aktivitäten, die auf der ihnen zugrunde liegenden Biologie beruhen und durch sie bedingt sind (Honing et al., 2015). Die biologischen Grundlagen der Musik werden zunehmend neurowissenschaftlich erforscht und die Fortschritte bei den Messverfahren haben diese Forschung immer bedeutsamer gemacht, indem sie es beispielsweise ermöglichen, festzustellen, welche Teile des Gehirns für welche Arten von geistigen Aktivitäten verwendet werden, welche Teile des Gehirns von verschiedenen Aktivitäten gemeinsam genutzt werden, welche Teile für spezialisierte Funktionen verantwortlich sind, inwieweit spezialisierte Bereiche für die Verarbeitung von Musik erkannt werden können und inwieweit das Gehirn in Augenschein genommen werden kann, um das komplexe Zusammenspiel zwischen Genetik und Evolutionspsychologie des Gehirns zu erforschen (Peretz & Zatorre, 2003; Vuust et al., 2022). Die Beziehung zwischen Sprache und Musik sowie das komplexe Zusammenspiel

zwischen Genetik und Entwicklung haben wesentlich zur Entwicklung der musikalischen Neurowissenschaft (*neuroscience of music*) beigetragen (Mithen, 2009, S. 5). Kognitive Neurowissenschaftler und Kognitionswissenschaftler haben hochspezifische und detaillierte Wissensstrukturen für die Verarbeitung von Musik gefunden, selbst bei Personen, die keine umfassende musikalische Ausbildung genossen haben. Sie haben durch bildgebende Verfahren die neuronalen Grundlagen verschiedener kognitiver Funktionen nachgewiesen, einschließlich der neuronalen Verarbeitung von Musik (Zatorre & Krumhansl, 2002; Peretz & Zatorre, 2003; Vuust et al, 2022).

3.2 Musik und Emotion: Zum Verhältnis von kulturellen, akustischen und biologischen Faktoren

Eine evolutionäre Perspektive auf die menschliche Wahrnehmung von Geräuschen legt nahe, dass das Überleben unserer frühen Vorfahren von ihrer Fähigkeit abhing, Muster in Geräuschen zu erkennen, die Bedeutung daraus abzuleiten und ihr Verhalten entsprechend anzupassen (Juslin, 2013A; vgl. Hodges & Sebald, 2011). Diese Verhaltensfunktion kann auf vielfältige Weise erreicht werden und spiegelt den phylogenetischen Ursprung unserer Emotionen wider. Es ist möglich, dass Musik durch die Nachahmung bestimmter natürlicher Klänge entstanden ist, wie zum Beispiel Vogelstimmen. Die Fähigkeit zur Nachahmung ist eine der kognitiven Fähigkeiten des Menschen (Tomasello, 2002) und bildet die Grundlage für das Erlernen des Gesangs. Dieses *vocal learning* beruht auf ähnlichen kognitiven Fähigkeiten wie dem manuellen Nachahmungslernen und der Variationen, die sich im Laufe der Zeit entwickelt haben oder noch entwickeln (Fitch, 2005). Es ermöglicht dem Menschen das Singen, eine Fähigkeit, die bei keinem anderen Primaten vorhanden ist. Dies legt nahe, dass diese Fähigkeit wahrscheinlich während oder kurz nach der Trennung von unserem letzten gemeinsamen Vorfahren erworben wurde, vermutlich vor etwa 5-7 Millionen Jahren.

Die Hypothese des stimmlichen Lernens (*vocal learning hypothesis*) besagt, dass die Fähigkeit, die Phonetik zu erlernen, die synchrone Bewegung von Hörrhythmen beim Menschen ermöglicht (Patel, 2006, 2008). *Vocal learning*, wie es beispielsweise bei vielen Vogelarten beobachtet wird, unterscheidet sich von der Imitation von stimmlichen Äußerungen. Es dient dem Erhalt kultureller Traditionen und basiert auf ähnlichen Fähigkeiten des manuellen imitativen Lernens und der Variation, die bereits vorhanden oder noch in Entwicklung befindlich ist. Das Erlernen von Gesang unterscheidet sich sowohl beim Menschen vom Erlernen der Lauterzeugung als auch von den bei vielen Vögeln beobachteten Lautbildungen sowie von den Daten über „Musik“ bei Tieren. In ihren Untersuchungen zur Lauterzeugung bei Tieren fanden Fitch und Jarvis (Fitch, 2005; Fitch & Jarvis, 2013) Beispiele für wiederholte konvergente Evolution[30] oder Analogie,

[30] Die konvergente Evolution (vgl. Anm. 33 Analogie) bezieht sich auf die Entwicklung ähnlicher Merkmale oder Eigenschaften bei verschiedenen Arten, die nicht auf gemeinsame Vorfahren zurückzuführen sind. Diese Ähnlichkeiten sind oft das Ergebnis unterschiedlicher evolutionärer Pfade, die jedoch aufgrund ähnlicher Umweltbedingungen oder funktioneller Anforderungen zu ähnlichen Lösungen geführt haben. Ein Beispiel hierfür ist die ähnliche Form von Flossen bei Delfinen und Fischen, die sich aufgrund der Anforderungen an das Schwimmen im Wasser entwickelt haben, obwohl ihre evolutionären Linien unterschiedlich sind.

insbesondere bei der Entwicklung komplexer Lautmuster bei Vögeln, Walen und Robben[31]. Diese Erkenntnisse zur wiederholten konvergenten Evolution oder Analogie im Bereich des stimmlichen Lernens komplexer Gesänge bei Vögeln bilden einen wichtigen Ausgangspunkt für die Entwicklung von Hypothesen darüber, wie und warum sich menschliche Musik möglicherweise entwickelt hat (Fitch, 2005).

Diese vergleichenden Verhaltensdaten in Verbindung mit neurowissenschaftlichen und entwicklungspsychologischen Daten bilden einen wichtigen Ausgangspunkt für Hypothesen darüber, wie oder warum sich die menschliche Musik entwickelt hat, sowie für Fragen zu deren Funktionen und zur Phylogenese. Dieses Phänomen reicht jedoch nicht aus, um darauf hinzuweisen, dass auch Tiere eine dem Menschen ähnliche musikalische Fähigkeit haben könnten; denn es ist möglich, dass diese so genannten 'Lieder' und der menschliche 'Gesang' einfach zwei Objekte sind, die sich in Inhalt und Form ähneln. Ob derselbe evolutionäre Druck bestanden hat und ob diesem Verhalten ähnliche neuronale und kognitive Grundlagen zugrunde liegen, ist eine Frage, die weiterer Forschung bedarf. Auch wenn oberflächliche Ähnlichkeiten bestehen, gibt es möglicherweise wichtige Unterschiede in den biologischen und neurowissenschaftlichen Details zwischen Tieren und Menschen.

Es wird zunächst über eine der Gemeinsamkeiten des emotionalen Ausdrucks bei Tieren gesprochen: den Ausdruck von Lauten. Laute sind eine externe Eingangsquelle und das menschliche Gehirn reagiert auf bestimmte Frequenzen und Rhythmen von Lauten. Emotionale Laute sind ein integraler Bestandteil der natürlichen und sozialen Umwelt, der das Verhalten vieler Arten formt und beeinflusst (Frühholz, Trost & Kotz, 2016), wobei einige Laute dazu dienen, Gefahr zu signalisieren und andere zur Beruhigung.

Viele Tiergeschlechter rufen sich während der Brutzeit unaufhörlich und in nicht wenigen Fällen versuchen die Männchen, die Weibchen auf diese Weise anzulocken oder zu erregen. Dies scheint in der Tat die ursprüngliche Verwendung und das Mittel zur Entwicklung des stimmlichen Ausdrucks zu sein und der Einsatz der Stimmorgane ist mit der Erwartung des intensivsten Vergnügens verbunden, das ein Tier empfinden kann. In Gesellschaften lebende Tiere rufen oft nacheinander, wenn sie getrennt werden (Darwin, 1871; Panksepp, 1998). Wenn beispielsweise Lämmer von ihrer Mutter getrennt werden, ruft die Mutter unaufhörlich nach ihren Lämmern und die gemeinsame Freude über ihr Zusammensein ist offensichtlich. Panksepp argumentiert, dass Gefühle von sozialem Verlust und sozialer Gleichgültigkeit bei Nachkommen durch mütterliche Vokalisationen besänftigt werden könnten. Die Bindung zwischen Säugling und Mutter ist unzerstörbar, aber es ist schwierig, die Komplexität des Aufbaus der Bindung zwischen Säugling und Mutter zu quantifizieren. Ein spezieller Fall von akustisch induzierter Chill-Reaktion bei Säugetieren scheint die Reaktion auf mütterliche Trennungsrufe bei einigen Affenarten zu sein (Panksepp, 1998). Panksepps Ansicht nach könnte dies erklären, warum beim Menschen eine Gänsehaut-Reaktion häufig in Gegenwart von traurigen oder bittersüßen Gefühlen auftritt.

Wut verursacht heftige Bewegungen aller Muskeln, einschließlich der Stimme; einige Tiere versuchen, wenn sie wütend sind, ihre Feinde durch ihre Stärke und Größe zu erschrecken, wie der Löwe mit

---

[31] Analogie und konvergente Evolution sind zwei Begriffe der Biologie, die sich auf ähnliche Erscheinungen in der Entwicklung von Lebewesen beziehen, jedoch auf unterschiedliche Mechanismen hinweisen (siehe Glossar).

seinem Brüllen, der Hund mit seinem Knurren, mit dem Ziel, Angst zu erzeugen, denn der Löwe hebt gleichzeitig seine Mähne und der Hund seinen Rücken, damit sie so groß und furchterregend wie möglich erscheinen. Die Verwendung von Lauten würde also mit der Emotion des Zorns in Verbindung gebracht werden, wie auch immer sie hervorgerufen wird. Starker Schmerz kann ebenso wie Wut zu heftigem Schreien führen und die Anstrengung des Schreiens bewirkt eine gewisse Erleichterung. Der Gebrauch der Stimme könnte also mit jeder Form von Schmerz assoziiert werden (Darwin, 1871).

Eine konsistente Struktur lässt sich also bei stimmlichen Signalen erkennen, die emotionale Zustände vermitteln, wobei einerseits hohe Stimmen für den Ausdruck von Gehorsam, Furcht und Angst und andererseits tiefe, laute, breitfrequente Stimmen für den Ausdruck von Bedrohung und Aggression typisch sind (Owings & Morton 1998). Die Gründe für die Erzeugung sehr unterschiedlicher Laute als Ausdruck verschiedener Emotionen und Gefühle sind jedoch sehr unklar. Auch trifft diese Regel nicht immer zu, d. h., es gibt keinen offensichtlichen Unterschied. Und obwohl nicht bekannt ist, ob Tiere mit humanspezifischen musikalischen Modulationssystemen vertraut sind, können einige Tiere die in Musik repräsentierten Emotionen durch musikalisch-akustische Hinweise verarbeiten. Dies geschieht möglicherweise aufgrund der Ähnlichkeiten zwischen menschlichen und hominiden emotionalen Klängen.

Die Laute der Tiere haben jedoch nicht die abstrakten, symbolischen und kombinatorischen Eigenschaften, die moderne Sprachen aufweisen. Vielmehr sind sie eng an dieselben mimetischen, emotionalen und verkörperten Kommunikationsformen angelehnt, die die vormenschliche Werkzeugherstellung kennzeichneten (Jentschke & Koelsch, 2007).

Wissenschaftler und Philosophen haben über die gemeinsamen kognitiven Ursprünge von Musik und Sprache spekuliert. Fitch (2005) schlug vor, dass die menschliche Fähigkeit zur Musik ein Vorläufer der Fähigkeit zur Sprache gewesen sein könnte, die ihren Ursprung im stimmlichen Ausdruck von Gefühlen hatte. Fitchs Modell der musikalischen Protosprache (Fitch, 2010) stellt eine leistungsstarke Kombination aus vergleichenden Daten, evolutionären Erkenntnissen und einer biologischen Sichtweise der Sprache dar. Er vertritt ausdrücklich eine Mehrkomponenten-Sicht auf die Sprache. Diese Sichtweise erkennt an, dass anstatt einen einzigen Faktor zum Schlüssel für die Sprache in einem einzigen Sinne zu machen, mehrere verschiedene Mechanismen notwendig sind, um das komplexe Produkt zu erzeugen, das wir heute als „Sprache“ bezeichnen. Zu diesen Komponenten gehört seine Erkenntnis der Notwendigkeit eines komplexen stimmlichen Lernens (*complex vocal learning)* und die Erkenntnis, dass diese biologische Fähigkeit, obwohl sie bei Säugetieren ungewöhnlich ist, eine Gemeinsamkeit mit vielen Vögeln darstellt. Die Bedeutung des stimmlichen Lernens wird auch von anderen Wissenschaftlern immer wieder betont und hat einen Nutzen für den Prozess der sexuellen Selektion (Cross, 2007). Vielleicht liegt der gemeinsame Ursprung von Musik und Sprache in der Wirksamkeit für den emotionalen Ausdruck. Im Gegensatz zu den semantischen oder syntaktischen Aspekten der Sprache (und der Musik) hat dieser viele akustische und emotionale Aspekte mit den Lauten anderer Arten gemeinsam (Fitch, 2006). Bei der Erörterung der Ähnlichkeiten zwischen dem emotionalen Ausdruck von Musik und Sprache argumentiert Juslin (2013A), dass die Ähnlichkeit auf der basalen emotionalen Ebene liege, während komplexere Emotionen eher bereichsspezifisch seien. Das

bedeutet, dass die grundlegenden emotionalen Ausdrücke in Musik und Sprache ähnlich sein können, da sie auf allgemeinen menschlichen emotionalen Erfahrungen basieren. Diese grundlegenden Emotionen könnten universelle Merkmale aufweisen, die in verschiedenen kulturellen Kontexten ähnlich interpretiert werden. Auf dieser Ebene könnten sowohl musikalische als auch sprachliche Ausdrücke Emotionen repräsentieren. Jedoch, wenn es um komplexere und spezifischere Emotionen geht, könnten sich die Ausdrücke in Musik und Sprache unterscheiden. Hier könnte die Bereichsspezifität ins Spiel kommen, was bedeutet, dass die Art und Weise, wie bestimmte komplexe Emotionen ausgedrückt werden, in Musik und Sprache unterschiedlich sein können. Diese Unterschiede könnten durch kulturelle Faktoren, unterschiedliche Interpretationen oder die spezifischen Merkmale der jeweiligen Kommunikationsmittel beeinflusst werden. Bei Emotionen hat Musik einen stärkeren Einfluss als Sprache (Patel, 2010).

Protosprache (*protolanguage*) ist noch keine Sprache, sondern steht vor der Sprache. Dann muss man darüber nachdenken, wie es in Richtung der Sprache oder vor der Sprache aussieht. Wenn Verhalten als Musik bezeichnet wird, fragt man sich, ob die Verhaltensweisen von Anfang an vorhanden sind, oder ob durch irgendeine Mutation plötzlich die gesamte Musikalität entstanden sein könnte. Dann stellt sich die Frage, wie diese Protosprache ausgesehen hat und aus welchen Elementen sie bestanden haben könnte. Es ist dabei sehr wichtig zu verstehen, was Tiere können müssen, um solche Dinge zu tun, wie sich das im Laufe der Zeit verändert hat und wie schließlich Sprache und Musik entstanden sind.

Herbert Spencer zeigte seinem Artikel „*On the Origin and Function of Music*“ (Spencer, 1857), dass die emotionale Sprache in all diesen Punkten eng mit der Vokal- und auch mit der Instrumentalmusik verwandt ist. Er versuchte, die Merkmale beider mit Hilfe der Physiologie zu erklären. Er postulierte, dass die Empfindung eine Reaktion auf die muskuläre Aktivität sei und dass dies dem allgemeinen Gesetz folge, dass die Handlung durch Reize angeregt werde. Ich könnte zustimmen, dass die Stimme durch dieses Gesetz beeinflusst wird, aber diese Erklärung scheint mir zu allgemein und zu unklar zu sein, um viel Licht auf die verschiedenen Unterschiede (außer der Lautstärke) zwischen gewöhnlicher Sprache und emotionaler Sprache oder Gesang zu werfen. Spencer vertrat zudem die Auffassung, dass die Musik als physiologische Reaktion entstanden sei und Klänge hervorgebracht habe, die die verschiedenen menschlichen Gefühle widerspiegelten. Spencer betrachtet die musikalischen Fähigkeiten des Menschen als Ergebnis natürlicher Ausleseprozesse und argumentiert, dass Musik eine wichtige Rolle bei der Entwicklung sozialer Bindungen und des Gemeinschaftssinns spielt. Er argumentierte, dass die Musikkultur eine sympathische Gefühlssprache entwickelt habe, die die Grundlage für menschliches Glück und soziales Wohlbefinden bilde. Kurz gesagt, die Musik entwickelte sich aus der Sprache, als Sprache der Emotionen, als Mittel zur Kommunikation menschlicher Emotionen und darüber hinaus entstand die Musik über den Laut der Sprache, wenn die Emotionen erregt waren. Spencers Ansicht wurde später von einigen Theoretikern anerkannt, unabhängig davon, dass die verschiedenen Qualitäten der Stimme ihren Ursprung im Sprechen unter dem Reiz intensiver Emotionen haben und dass diese Qualitäten später auf die Vokalmusik übertragen wurden; oder dass die Gewohnheit, musikalische Töne zu erzeugen, sich bei den frühen Vorfahren der Menschheit zunächst als Mittel des Werbens entwickelte und somit mit den stärksten Emotionen verbunden war, die sie

anstreben konnten, nämlich leidenschaftliche Liebe, Wettbewerb und Sieg. Die Laute, die Tiere von sich geben, sind jedem bekannt. Sie können jeden Tag im Gesang der Vögel gehört werden. Aus dieser Tatsache und aus Analogien zu anderen Tieren ergibt sich die Möglichkeit, dass die Vorfahren des Menschen musikalische Laute erzeugt haben, bevor sie die Fähigkeit zur Artikulation erlangten.

Veränderungen der akustischen Eigenschaften, die mit den menschlichen Emotionen in Sprache und Musik interagieren, lösen, wenn sie in Umweltgeräuschen auftreten, auch systematische emotionale Reaktionen aus, einschließlich der Geräusche menschlicher Handlungen, Tierrufe, Maschinen oder Naturphänomene wie Wind und Regen. Die Bewertung der Stimuli lässt darauf schließen, dass die menschlichen Emotionen solche Veränderungen bei Umweltgeräuschen ebenso verfolgen wie bei Sprache und Musik. Diese Veränderung beeinflusst nicht nur die Bewertung des Klangs selbst, sondern auch die Art und Weise, wie Emotionen im Zusammenhang mit der begleitenden Mimik interpretiert werden.

Lässt man diese Komplexität beiseite und wendet sich den einfacheren Geräuschen zu, können wir zumindest einige der Gründe erkennen, warum bestimmte Arten von Geräuschen mit bestimmten psychischen Zuständen verbunden sind. Wenn zum Beispiel ein junges Tier oder ein Mitglied einer Gemeinschaft um Hilfe schreit, ist dies natürlich laut, langanhaltend und hoch genug, um in die Ferne zu dringen. Wenn Männchen Laute von sich geben, um die Weibchen zu erfreuen, geben sie natürlich solche ab, die für die Ohren der Art anziehend sind. Aufgrund der Ähnlichkeit des Nervensystems scheint es, dass dieselben Laute dazu dienen, verschiedene Tiere zu erfreuen, so wie wir selbst Freude am Gesang der Vögel oder sogar am Zirpen bestimmter Laubfrösche empfinden. Andererseits können Geräusche, die dazu dienen, Feinde in Angst und Schrecken zu versetzen, natürlich hart oder unangenehm sein.

Die stimmliche Kommunikation von Emotionen ist eine biologische Anpassung an das soziale Leben der Spezies und hat sich phylogenetisch entwickelt (Scherer, 1984, 1986). Dabei hängt eine effektive soziale Funktion zum Teil von der Fähigkeit ab, Emotionen anhand auditiver Reize zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren. Es liegt auf der Hand, dass die Lautstärke von Geräuschen in einem gewissen Zusammenhang mit dem Zustand bestimmter Emotionen steht. Eine Person, die sich über Misshandlungen beklagt oder leicht verzweifelt ist, spricht fast immer in einem hohen Tonfall. Beim Menschen drücken ein tiefes Stöhnen und ein hoher, durchdringender Schrei gleichermaßen eine schmerzhafte Tortur aus. Lachen kann entweder hoch oder tief sein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Emotionen dazu dienen, die adaptiven Reaktionen auf biologisch wichtige Ereignisse zu optimieren und dass diese emotionalen Reaktionen für das menschliche Überleben unerlässlich sind. Musik gilt als Kommunikationsform, die der Mensch aus der Tierwelt übernommen hat: Die Evolution hat auf natürliche Weise Musik hervorgebracht, um Emotionen miteinander und mit anderen Individuen zu kommunizieren (Killin, 2017; 2018).

Wenn die Stimme unter starken Emotionen eingesetzt wird, neigt sie dazu, durch das Prinzip der Assoziation einen musikalischen Charakter anzunehmen. So nutzen bei einigen niederen Tieren die Männchen ihre Stimme, um die Weibchen zu erfreuen, die ihrerseits Freude an ihren eigenen Lautgebungen haben. Diese Erkenntnisse lassen vermuten, dass die menschlichen Emotionen in hohem Maße an

Veränderungen in der akustischen Umgebung angepasst sind. Sie regen die Diskussion über Darwins Hypothese an, dass Sprache und Musik gemeinsam aus Emotionen entstanden sind. Diese basieren auf der Nachahmung und Modifikation von Lauten und Umweltgeräuschen. Das bedeutet, dass Sprache und Musik aus der frühen menschlichen Nachahmung und Modifikation von Umweltgeräuschen entstanden sind.

Die Stimme wird physikalisch betrachtet durch Vibrationen erzeugt und in Wellen verbreitet. Unsere reiche phänomenologische Erfahrung mit Klängen ist das Ergebnis eines sehr komplexen Wahrnehmungssystems. Dieses nimmt die Vibrationen bzw. Wellen auf und verwandelt sie in - wie Psychologen es nennen - interne Darstellungen (Wahrnehmung, Gedanken, Erinnerungen, Emotionen, usw.), die mit unseren Erinnerungen an andere Klänge und Erkenntnisse über die Welt verwandt sein können. Sie helfen uns damit, die Welt besser zu verstehen. Ein Teil dieses Prozesses hat mit der Extraktion relevanter akustischer Eigenschaften von einzelnen Klängen und deren Enkodierung in die Muster neuronaler Reize zu tun. Ich erläutere dies anhand eines Beispiels: Die Grundfrequenz der ersten Saite eines Cellos beträgt 65 Hz und entspricht dem C. Die Vibration von 65 Hz wird in den schon genannten Hirnregionen gleichzeitig synchronisiert aktiviert; das heißt, die physikalischen Vibrationen werden transformiert zu einem Muster neuronaler Aktivität, welche die Wahrnehmung der Tonhöhe repräsentiert. Dieser Fall wird bei der Wahrnehmung von Musik komplizierter. Daher sind zahlreiche neuronale Modelle entstanden, um die neuronale Verarbeitung von physikalischen Reizen wie z. B. Vibrationen zu erforschen.

Damasio und Carvalho (2013) haben experimentell festgestellt, dass Aktivitätsmuster im primären und sekundären auditorischen Kortex, in der hinteren Insula und im Scheitellappen mit dem emotionalen Gehalt von Klängen unabhängig von der Klangquelle, d. h. innerhalb und zwischen Instrumenten, korrelieren. Sie verwendeten dazu sowohl menschliche als auch Geigenklänge. Darüber hinaus korrelierte die Genauigkeit der Kategorisierung in der vorderen Insula mit Verhaltensmaßen der Empathie. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese Hirnregionen spezifische Emotionsmuster transportieren, die bei Klängen mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften generalisierbar sind. Darüber hinaus haben Menschen mit größerem Einfühlungsvermögen ausgeprägtere neuronale Muster, die mit wahrgenommenen Emotionen verbunden sind. Diese Ergebnisse erweitern das bisherige Wissen darüber, wie das menschliche Gehirn emotionale Bedeutungen aus auditiven Reizen extrahiert und uns in die Lage versetzt, andere zu verstehen und mit ihnen in Beziehung zu treten.

Die Rolle der Spiegelneuronen bei der Wahrnehmung von Emotionen, Empathie und sozialer Kognition wurde bereits im vorangegangen zweiten Kapitel erörtert. Wenn Musik auf ein ähnliches System zugreifen kann, dann liegt die Vermutung nahe, dass die Simulation oder Nachahmung der von der Musik ausgedrückten Emotionen ein Weg sein könnte, auf dem Musik Emotionen hervorruft (neben vielen anderen), wie einige Autoren ausdrücklich vorgeschlagen haben (Jackendoff & Lerdahl, 2006; Juslin, 2005; Molnar-Szakacs & Overy, 2006). Zum Beispiel passen die akustischen Merkmale typisch trauriger oder leiser Musik (mit langsamen Rhythmen, tieferen Tonhöhen und sanften Übergängen zwischen Klängen) zum körperlichen Ausdruck von Traurigkeit, der mit langsamen, wenig intensiven Bewegungen einhergeht. Im Gegensatz dazu ist Musik, die typischerweise mit Freude oder Aufregung assoziiert wird, in der Regel laut,

schnell und in hohen Tonlagen. Sie wird daher mit schnellen, energiegeladenen Bewegungen assoziiert, wie sie beim spontanen Tanz zu Musik beobachtet werden können.

In dem Maße, in dem die Sprache einen klareren Einblick in die Psyche ermöglicht, wird die Psyche anfälliger dafür, durch die Partnerwahl geformt zu werden. Diese Rückkopplungsschleife der sexuellen Selektion zwischen Partnerwahl, Sprachfähigkeit und kreativer Intelligenz könnte eine wichtige Triebkraft für die geistige Entwicklung des Menschen gewesen sein (Miller, 2001). Tomasello (2002) weist darauf hin, dass der Mensch eindeutig über kognitive Fähigkeiten verfügt, die ihn von Tieren unterscheiden. Zum Beispiel ermöglicht uns dies, dass Geräusch des Donners, ein natürliches Phänomen und die Prozesse zu verstehen, durch die Geräusche Bedeutung erhalten (Koelsch, 2011). Vermutlich hing das Überleben der Vorfahren des modernen Menschen von ihrer Fähigkeit ab, Klangmuster zu erkennen, daraus eine Bedeutung abzuleiten und ihr Verhalten entsprechend anzupassen. Diese ökologische Sichtweise des Verhältnisses von Klang und Emotionen bildet die Grundlage für eine Fülle psychologischer Mechanismen zur Erklärung der emotionalen Reaktion auf Musik (Juslin, 2013A). Während sowohl Musik als auch Sprache hierarchische Strukturen und kombinatorische Formen des Denkens beinhalten, ist es möglich, dass beide aus allgemeinen Fähigkeiten und Dispositionen in einem breiteren Spektrum von Bereichen hervorgehen, die mit der Art und Weise zusammenhängen, wie verkörperte-emotionale Beziehungen in einer sozio-materiellen Umwelt entstehen (Johnson, 2007).

Bei der Betrachtung der Art und Weise, wie stimmliches Verhalten Emotionen ausdrückt, wird man natürlich dazu angeregt, nach den Gründen für das zu fragen, was man in der Musik „Ausdruck“ nennt. Die Frage nach dem Wesen des musikalischen Ausdrucks ist mit vielen Unklarheiten behaftet. Eine Behauptung lautet, dass alle Gesetze, die man über den Ausdruck von Gefühlen durch einfache Töne entdeckt hat, auch für die weiter entwickelten Ausdrucksformen des Liedes gelten müssen. Das Lied kann als Haupttypus aller Musik angesehen werden. Die emotionale Wirkung eines Liedes hängt in hohem Maße vom Charakter der Handlung ab, die den Klang erzeugt. Bei Liedern, die große Leidenschaft ausdrücken, hängt die Wirkung zum Beispiel oft weitgehend davon ab, dass ein oder zwei charakteristische Passagen herausgearbeitet werden, die viel Stimmkraft erfordern. Es ist oft festgestellt worden, dass Lieder dieses Charakters ihre eigentliche Wirkung verlieren, wenn sie ohne Anstrengung von einer Stimme gesungen werden, die über genügend Kraft und Umfang verfügt, um die Wirkung hervorzubringen. Dies ist zweifellos das Geheimnis des Wirkungsverlustes, der oft auftritt, wenn ein Lied von einer Tonart in eine andere übertragen wird. Daraus ist abzuleiten, dass die Wirkung nicht nur vom eigentlichen Klang abhängt, sondern zum Teil auch von der Art der Tätigkeit, die ihn hervorbringt. In der Tat ist es klar, dass die Meinung, dass die Ausdruckskraft eines Liedes auf die Schnelligkeit seiner Bewegung, die Geschmeidigkeit seines Flusses, die Lautstärke seiner Artikulation usw. zurückzuführen sei, sich in Wirklichkeit auf die Muskeltätigkeit bezieht, die den Ton, die Melodie oder das Lieder erzeugt. Dies allein erklärt jedoch noch nicht die subtilere und spezifischere Wirkung, die wir den musikalischen Ausdruck eines Liedes nennen – das Vergnügen, das durch die Melodie oder sogar durch die einzelnen Töne, aus denen die Melodie besteht, hervorgerufen wird. Es handelt sich um eine Wirkung, die sich nicht in Worte fassen lässt und die Forschung bisher noch nicht zu

erhellen vermochte. Denn es steht fest, dass die melodische Wirkung einer Reihe von Tönen in keiner Weise von ihrer Lautstärke oder Weichheit und auch nicht von ihrer absoluten Tonhöhe abhängt. Eine Melodie ist immer dieselbe Melodie, egal ob sie von einem Kind oder einem Mann, laut oder leise gesungen wird, egal ob sie von einer Flöte oder einer Posaune gespielt wird. Die rein musikalische Wirkung eines jeden Tons hängt von seiner Stellung in der sogenannten Tonleiter ab; ein und derselbe Ton hat völlig unterschiedliche Wirkungen auf das Ohr, weil er in Verbindung mit der einen oder anderen Tonreihe gehört wird.

Die wesentlichen charakteristischen Wirkungen, die im Begriff des musikalischen Ausdrucks zusammengefasst werden, hängen von den relativen Assoziationen der Klänge ab. Warum jedoch bestimmte Klangassoziationen bestimmte Wirkungen erzeugen, ist eine Frage, die noch geklärt werden muss. Elementare Wirkungen müssen in der Tat in irgendeiner Weise mit dem bekannten arithmetischen Verhältnis zwischen den Schwingungsgeschwindigkeiten der Töne, aus denen sich die Tonleiter zusammensetzt, verbunden sein. Und es ist möglich – aber das ist nur eine Vermutung –, dass die Größe der mechanischen Fähigkeit des Schwingungsapparates des menschlichen Kehlkopfes, von einem Schwingungszustand in einen anderen überzugehen, die Hauptursache für das mehr oder weniger große Vergnügen ist, das die verschiedenen Tonfolgen hervorrufen. Obwohl man nachgewiesen hat, dass die menschliche Vorliebe für harmonische Intervalle wie reine Quinten oder große Terzen in der westlichen Musik und die Abneigung gegen weniger angenehme, ja sogar raue Töne, durch die menschliche Biologie bestimmt ist, hat man auch festgestellt, dass die Vorliebe des Menschen für bestimmte Arten von Musik individuell ist. Es wurde auch festgestellt, dass das, was Menschen in der Musik mögen, eine Frage der persönlichen Vorliebe ist – nicht jeder mag zum Beispiel harmonische Intervalle – und wenn die Vorliebe für solche harmonischen Intervalle nicht in allen menschlichen Kulturen vorhanden ist, dann können wir nicht darauf schließen, dass sie biologisch bedingt ist.

Frühere neuropsychologische Forschungen haben die Hirnregionen identifiziert, die an den durch Töne vermittelten emotionalen Botschaften beteiligt sind. Im Gegensatz zu dem eher klassischen Ansatz, der die Modularität von Musik und Sprache untersuchte, hat sich die neuere Forschung der bildgebenden Verfahren darauf konzentriert zu untersuchen, wie und in welchem Ausmaß Musik und Sprachverarbeitung gemeinsame neuronale Assoziationen verarbeiten. Diese Forschung hat weitere Einblicke in den Ursprung und die Entwicklung der Musik geliefert (Tillmann & Bigand, 2015). Nach Peretz und Kollegen (Peretz et al., 2015) haben Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren stark zu dieser Debatte beigetragen und haben Überschneidungen und Trennungen neuronaler Strukturen für Musik und Sprache aufgewiesen. Inzwischen gibt es Belege dafür, dass Sprache und Musik potenzielle kognitive und neuronale Ressourcen gemeinsam nutzen (Levitin & Menon, 2003; Maess et al., 2001; Juslin & Laukka, 2003). Juslin und Laukka (2003) stellten in ihrer Untersuchung des emotionalen Ausdrucks in Sprache und Musik fest, dass eine höhere Tonhöhe, eine größere Intensität und eine schnellere Geschwindigkeit mit mehr Erregung und positiven Emotionen in Sprache und Musik verbunden sind.

Darüber hinaus werden Defizite bei der Musikverarbeitung mit einer geringeren Sensibilität für emotionale Sprache in Verbindung gebracht (Thompson et al., 2012). Eine Studie mit von Geburt an tauben

Patienten zeigte beispielsweise, dass diese die emotionale Affinität von Sprache schlechter dekodieren als entsprechende Kontrollpersonen. Dies unterstützt Spekulationen über die Mechanismen, die Musik und Sprache bei der Auslösung emotionaler Reaktionen auf Klangeigenschaften gemeinsam haben.

Wie Tomlinson (2015) betont, ist musikalische Aktivität zwar nicht grundsätzlich symbolisch oder repräsentativ, aber sie findet und entwickelt sich notwendigerweise innerhalb der kulturellen Welt der Signifikation und Sprache. Anders ausgedrückt, es geht darum, wie die kulturelle Existenz gleichzeitig durch die nicht-symbolischen, sozio-emotionalen und verkörperten Formen der Kognition, die die musikalische Aktivität in verschiedenen Entwicklungsphasen charakterisieren, konditioniert und angetrieben wird.

3.2.1 Rhythmusforschung: Synchronisation, Werkzeuggebrauch und Soziabilität

Die Anwendung von Tinbergens Fragen auf die Untersuchung von Musik und Musikalität führt zu mehreren wichtigen Erkenntnissen. Ebenso wie Fragen zu Mechanismen im Bereich der musikalischen Fähigkeiten, zum Beispiel die Frage, was die neuronale Grundlage für die rhythmische Wahrnehmung ist (Fitch, 2018). Rhythmische Wahrnehmung bezieht sich darauf, wie wir in der Lage sind, den Rhythmus[32] in der Musik zu erkennen und zu schätzen. Diese Fähigkeit zur rhythmischen Auswahl bezieht sich auf die neuronale Grundlage, also die Mechanismen im Gehirn, die es uns ermöglichen, rhythmische Informationen in der Musik zu verarbeiten. Rhythmus ist ein grundlegender Aspekt von Musik, Tanz und Sprache. Rhythmus ist eines der Elemente, aus denen Musik besteht. Ein Musikstil wird weitgehend durch Rhythmus und Grundschlag bestimmt. Rhythmus kann als eine Anordnung von Ereignissen in der Zeit verstanden werden. Sein Inhalt variiert je nach individueller Interpretation. Die Wahrnehmung eines regelmäßigen Rhythmus und eines festen Grundschlags ist offensichtlich. In einer neueren Studie aus dem Gebiet der Musikpsychologie und Neurokognition der Musik konzentriert sich Honing (2013) auf musikalische Fähigkeiten, die die Verarbeitung von Rhythmus und relativer Tonhöhe ermöglichen und den Menschen zu einem musikalischen Wesen machen.

Ein Ansatz zur Erforschung der Biologie und Evolution der Musik bietet sich, einschließlich der Suche nach gemeinsamen musikalischen Merkmalen, bei verschiedenen Arten durch Tiervergleiche an. Diese Ähnlichkeiten ermöglichen es, Biomusikologen Rückschlüsse darauf zu ziehen, wann und wie musikalische Fähigkeiten beim Menschen entstanden sein könnten.

Der Rhythmus ist von entscheidender Bedeutung, wenn der Komponist möchte, dass sein Werk beim Hörer ankommt. Dieselbe Orchestrierung und dieselben Harmonien, aber unterschiedliche Rhythmen, für dasselbe Lied bewirken unterschiedliche sensorische Effekte. Im Allgemeinen lösen Melodien mit höheren Tonhöhen, größeren Intervallen und schnelleren Tempi Emotionen wie Aufregung, Freude oder Angst aus

[32] Pfleiderer (2006) unterscheidet primär zwei Bedeutungen: „musikalischer Rhythmus" kann zum einen eine konkrete, zeitlich organisierte Klanggestalt ohne Tonhöhen meinen. Zum anderen definiert Pfleiderer „Rhythmus" in abstrakter und analytischer Weise „als die Folge von Zeitpunkten bzw. Zeitdauern, die zur Beschreibung der zeitlichen Dimension einer Klangfolge" herangezogen werden können (Pfleiderer, 2006, S. 10).

(Gabrielsson & Juslin, 2003; Hunter & Schellenberg, 2010; Juslin & Sloboda, 2011). Dies geschieht wahrscheinlich, weil diese melodischen Merkmale schnelle und kraftvolle Rhythmen beinhalten. Umgekehrt lösen Melodien in tieferen Tonlagen mit kleineren Intervallen und langsameren Tempi Gefühle wie Ruhe oder Traurigkeit aus (Gabrielsson & Juslin, 2003; Hunter & Schellenberg, 2010; Juslin & Sloboda, 2011). Der Prozess, durch den diese spezifischen musikalischen Merkmale die entsprechenden Emotionen hervorrufen, wird durch die Musikalität bestimmt. Dies bedeutet, dass die Fähigkeit, in bestimmten ‘ musikalischen’ Strukturen über verschiedene Kulturen hinweg gewisse Emotionen zu wahrzunehmen, angeboren und in den Genen aller Menschen verankert ist, so dass sie beispielsweise den Mafa, einem einheimischen Volk der afrikanischer Bevölkerung, ermöglicht, basale Emotionen wie Glück, Traurigkeit und Angst in westlicher Musik zu erkennen (Fritz et al., 2009).

Man geht heute davon aus, dass die Herstellung prähistorischer Werkzeuge einen *Bottom-up*-Prozess erforderte, der auf physischer Form und motorischen Fähigkeiten, ungeplanter emotionaler Nachahmung, sozialer Interaktion und Umweltvorteilen basierte (Gamble, 1999; Davidson & McGrew, 2005). Bestimmte Formen des Denkens wie z. B. *Top-down*-Denken besaßen diese frühen Werkzeugmacher nicht (Killin, 2018). Die Fähigkeit, Werkzeug herzustellen, ist auch nicht das Ergebnis eines genetisch bedingten Entwicklungsprogramms. Man geht davon aus, dass sie in erster Linie durch dynamische Interaktionen zwischen lebenden Systemen und den von ihnen bewohnten und geformten physischen Umgebungen entstanden ist, sich entwickelt und stabilisiert hat (Ingold, 1999). Es wird argumentiert, dass diese selbstorganisierte Form des sozio-technischen Verhaltens die Grundlage für die spätere Entstehung komplizierter kultureller Aktivitäten, wie der Musik, bildete (Tomlinson, 2015). Viele haben argumentiert, dass die Nachahmung von sozialen Umgebungen durch frühe Vorfahren einige Hinweise auf den Ursprung der Musik in koordinierten rhythmischen Verhaltensweisen liefert. Ein Beispiel ist das Metrum, ein Takt von vier Schlägen, wobei der erste Schlag schwer ist, der dritte weniger schwer, der zweite und vierte leicht. Musik ist eine Zeitkunst. Es ist die Fähigkeit, der Musik zeitlich zu folgen, um zu sehen, wie die Rhythmen zusammenpassen. Die Bedeutung von Zeit umfasst hier tatsächlich viele Dinge, zum Beispiel hat jedes Lied sein eigenes Tempo, das den Rhythmus und das Metrum[33] beinhaltet, die mit der Zeit zusammenhängen. Im Laufe des Stücks entsteht durch die Regelmäßigkeit des Ablaufs von stark, schwach, unterstark, unterschwach und so weiter in Bezug auf das Metrum ein bestimmter Rhythmus. Der Mensch ist ein soziales Wesen, dessen Überleben stark von der Fähigkeit zur Fortpflanzung, zur Weitergabe von Wissen und zur Integration in Gruppen abhängt. Im Kontext der Evolution spielt Musik eine bedeutende Rolle. Die gemeinschaftliche Lebensweise der Menschen und ihre sozialen Interaktionen erfordern Einheitlichkeit und Zusammenhalt. Hier kommt die Musik ins Spiel, insbesondere der Rhythmus. Rhythmus ist eine grundlegende Eigenschaft von Musik und hat eine natürliche Anziehungskraft auf den Menschen. Die Fähigkeit, sich im Rhythmus zu bewegen oder zu musizieren, ist evolutionär in uns angelegt. Sie ermöglicht

[33] Das Metrum ist die Ordnung, die der Musik zugrunde liegt - eine Folge von Zeitpunkten mit isochronem Abstand (Beat, Grundschlag). (Senn & Kopiez, 2018, S. 545)

es dem Menschen, in einen Zustand des *Entrainme*nts[34] oder der Synchronisation zu gelangen, bei dem wir uns mit anderen Menschen verbinden und in harmonischer Einheit agieren. Dieses Phänomen ist ein wichtiger Aspekt unserer evolutionären Entwicklung und hat wahrscheinlich dazu beigetragen, soziale Bindungen zu stärken, Kooperation zu fördern und das Zusammenleben in Gruppen zu erleichtern (Hodges, 1989; Levitin et al., 2018).

Entrainment bezieht sich auf die Verhältnis zwischen Rhythmus und Körper. Es gilt als Voraussetzung für rhythmische Ensemblemusik sowie für rhythmisches Tanzen (Merker et al., 2018). *Entrainment* ist eine menschliche Wahrnehmungsfähigkeit, die eine rhythmische Beziehung zum Körper herstellt. Dieser Prozess kann zum Beispiel in Form von Taktschlagen, Spielen eines Instruments oder Tanzen stattfinden, wobei Musik als Input verwendet und gemessen wird, dass das motorische System eine Kernrolle bei der Wahrnehmung von Rhythmus und Metrum spielt (Cameron & Grahn, 2014) und dass der Teil des Gehirns, der für Rhythmus zuständig ist, auch für Bewegung verantwortlich ist. Diese Koordination ist vergleichbar mit der Koordination unserer Körperteile beim Gehen, die hauptsächlich durch das motorische System in unserem Gehirn gesteuert wird. Tomlinson (2015) ist der Meinung, dass dieses dynamische Modell dazu beitragen könnte, die fernen Ursprünge des musikalischen Rhythmus in den koordinierten motorischen Mustern früher Werkzeugmacher aufzudecken, die sich auf gemeinsam ausgeübte mimetische, affektive und akustisch-soziale Kontexte zurückführen lassen.

Die Ursprünge dieser *Entrainment*-Fähigkeit könnte auch Parallelen zum Ursprung des Menschen aufweisen, denn musikalische Rhythmen sind ansteckend, insbesondere für Menschen, die für Musik empfänglich sind, denen es zum Beispiel schwerfällt, nicht den Kopf zu bewegen oder mit den Füßen im Rhythmus zu wippen (Scherer, 1995). Es gibt Belege für dieses *Entrainment* von inneren Rhythmen mit äußeren Reizen. Dies ist eine Fähigkeit, die wahrscheinlich von klein auf vorhanden ist (Rochat, Querido & Striano 1999). Wenn es tatsächlich eine grundsätzliche Tendenz zur Synchronisation interner biophysiologischer Oszillatoren mit externen auditiven Rhythmen gibt, könnte diese Kopplung einen vielversprechenden Erklärungsansatz für die Emotionen auslösenden Effekte von Musik bieten. In Anbetracht der engen Beziehung zwischen Atmung und Herz-Kreislauf-Funktion könnte die Veränderung der Atmung durch musikalische Rhythmen Auswirkungen auf verschiedene neurophysiologische Systeme haben (Boiten et al., 1994), die in vielerlei Hinsicht den durch Emotionen ausgelösten physiologischen Veränderungen ähneln und den Ausdruck bereits vorhandener Emotionen erleichtern.

Rhythmic Entrainment wird auch von Juslin (2013A) erwähnt, der das BRECVEM-Modell[35] als einen wichtigen Beitrag zur Erklärung der Entstehung musikalischer Emotionen liefert. Unter "musikalischen Emotionen" werden die durch musikalische Stimuli evozierten Emotionen verstanden. Musik kann verschiedene Rhythmen im Gehirn und im Körper nach den gleichen Mustern wie in der zeitlichen Struktur der Musik zum Klingen bringen (Juslin et al., 2010; Juslin, 2013A).

---

[34] Die zentrale Phänomen der Musikwahrnehmung und- Wirkung bezeichnet man als musikalisches Entrainment (Clayton et al., 2005), was die Abstimmung eines inneren periodischen Vorgangs auf einen äußeren bezeichnet (VandenBos, 2015, S. 333).

[35] Das erste R im Akronym „BRECVEM" bedeutet *Rhythmic Entrainment*. Das BRECVEM-Modell ist ein Beispiel für einen multi-repräsentativen Ansatz zur Informationsverarbeitung, der bei emotionalen Reaktionen auf Musik zum Einsatz kommt (Juslin, 2013A. S. 259).

Der Herzschlag der Mutter während der Schwangerschaft ist die erste Erfahrung rhythmischer Synchronisation. Wenn das Baby dann geboren ist, lernen Mutter und Kind, Gefühle zu empfinden und sie durch Rhythmus, Tonhöhe, Lautstärke usw. auszudrücken. Diese Ausdrucksformen ermöglichen dem Baby, seine Bedürfnisse und Emotionen mitzuteilen und auf seine Umgebung zu reagieren. In den frühen Entwicklungsstadien, bevor ein Kind die vollständige Sprache erwirbt, spielen nonverbale Kommunikationsformen eine entscheidende Rolle für das Überleben. Das Baby nutzt seine Fähigkeiten, emotionale Ausdrücke wahrzunehmen und sich selbst auszudrücken, um seine Bedürfnisse nach Nahrung, Wärme, Nähe und Schutz zu kommunizieren. Dies sind die wichtigsten Wege, auf denen wir überleben, bevor wir Sprache erwerben (Hodges, 1989).

Einige der physiologischen Rhythmen des Körpers wie beispielsweise der Herzrhythmus werden durch externe musikalische Rhythmen oder Schläge (*beats*) mit der Musik synchronisiert. Die physiologischen Rhythmen des Körpers gehen mit musikalischen Rhythmen in Resonanz (Juslin, 2013A; Juslin & Västfjäll, 2008). Jeder, der Live-Erfahrungen gemacht hat, weiß das. Es ist der Rhythmus der Musik, der mit dem inneren Rhythmus unseres Körpers interagiert.

Warum wir dieses Verhalten des Kopfnickens und Fußklopfens entwickelt haben, ist unklar. Ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Mitreißen und der Wahrnehmung eines Metrums muss noch schlüssig nachgewiesen werden. Es gibt jedoch Forschungsergebnisse, die auf einen Zusammenhang zwischen rhythmischen Fähigkeiten und der Entwicklung stimmlicher Kommunikationsformen, einschließlich der Sprache, hindeuten (Ravignani et al., 2016). Die mit gestischen Rufen verbundenen stimmlichen Ausdrücke spiegeln die akustischen Aspekte dieser Umgebungen (Rhythmus und Klangfarbe), die motorischen Muster der Produktion und die gestischen und sozialen Rhythmen wider, die sich innerhalb kultureller Ökologien entwickeln (z. B. Abwechslung, soziale Zurückhaltung). Das heißt, rhythmische Fähigkeiten sind biologisch nützlich für die Nahrungssuche, die Paarung, die Orientierung in der Umwelt und die Vorhersage von Ereignissen.

Kogan (1997) stellt fest, die gegenwärtige Evolutionstheorie lege nahe, dass die natürliche Selektion nicht nur innerhalb von Gruppen, sondern auch zwischen Gruppen wirke. Er folgt dem Konzept des „*musicular bonding*“ von McNeill (1995), dass emotionale Erfahrungen, die durch gemeinsame rhythmische Bewegungen in Musik und Tanz ausgelöst werden, die kooperative Überlebensstrategie früher Menschen stärken konnten. Zum Beispiel könnte die Synchronisierung der Mitglieder einer Gruppe zu einem Rhythmus zur Förderung der Gruppenidentität in Situationen wie Jagd oder zwischen Gruppen auftretenden Konflikten wirksam sein. Dies wurde durch Beobachtungen der Gehirnaktivität bestätigt. Durch elektroenzephalographische Untersuchungen (Da Costa et al., 2013; Grahn & Rowe, 2013; Peretz & Zatorre, 2005; Zatorre et al., 2007) wurde festgestellt, dass der Mensch eine neuronale Grundlage für die Erzeugung und Wahrnehmung von Rhythmus hat, mit der Zeit die rhythmische Kontrolle verbessert und der Rhythmus nicht mehr nur durch das Gehirn gesteuert wird. Alles, was das Gehirn tut, ist, Anweisungen zu geben und den Rhythmus oder was wir als „Muskelgedächtnis“ bezeichnen als Reaktion zu aktivieren. Die Forschungsergebnisse von Zatorre und Kollegen (Zatorre at el., 2007) deuten darauf hin, dass die Interaktion

zwischen Hören und Bewegung die durch Musik ausgelösten Emotionen teilweise so vermitteln kann, dass eine Verbindung zwischen Hören und Bewegung besteht. Die psychophysiologischen Veränderungen, die mit dem Hören von Musik verbunden sind, können auch ein Nebenprodukt der Beteiligung des motorischen Systems sein und daher auch auftreten und Rückmeldungen liefern, die dann emotionale Zustände verstärken können.

Viele Forscher haben Studien zur Synchronisation bei Tieren durchgeführt, um eine evolutionäre Perspektive auf das Rhythmusgefühl und die Kognition beim Menschen zu eröffnen. Diese Fähigkeit, sich auf musikalische Grundschläge einzustellen, beruht auf komplexen neuronalen Schaltkreisen und erfordert starke Verbindungen zwischen auditiven und motorischen Schaltkreisen (De Gregorio et al., 2021). Eine Erklärung besagt, dass nur stimmlich lernende Arten in der Lage sein könnten, Bewegungen mit musikalischen Takten zu synchronisieren. De Gregorio und Kollegen (De Gregorio et al., 2021) fanden experimentell heraus, dass Tiere durch Manipulation des Rhythmus von Musiksegmenten in einem weiten Bereich in der Lage sind, die Geschwindigkeit ihrer rhythmischen Bewegungen spontan anzupassen, um mit dem Grundschlag synchron zu bleiben. Dies deutet darauf hin, dass Tiermodelle neurobiologische und evolutionäre Einblicke in die benötigten grundlegenden Fähigkeiten für menschliche Musik liefern können und dass einige der neuronalen, verhaltensmäßigen und anatomischen Merkmale, die der rhythmischen Wahrnehmung und Produktion zugrunde liegen, bei einer Vielzahl von Arten gleichermaßen zu finden sind (Fitch, 2018; De Gregorio et al., 2021).

De Gregorio und Kollegen (De Gregorio et al., 2021) haben durch den Einsatz von vergleichenden und statistischen Methoden die Hypothese getestet, dass rhythmische Kategorien und kleine ganzzahlige Verhältnisse bei Arten mit koordiniertem Gruppengesang auftreten. Sie fanden heraus, dass die Rufe einer Lemurenart die isochronen und rhythmischen 1:2-Kategorien der menschlichen Musik in ihrem koordinierten Gesang aufweisen. Das heißt, die Lemurenart nutzt in ihren Rufen ein Grundprinzip der menschlichen Musik: Sie halten ein festes Intervall zwischen ihren Tönen ein, was darauf hindeutet, dass diese Kategorie unter den Säugetieren nicht nur dem Menschen eigen ist, sondern dass auch viele andere Tiere diese Fähigkeit besitzen. Die Forscher haben auch gezeigt, dass Schimpansen, wenn sie tanzen, bereits ein gewisses Rhythmusgefühl haben. Dies ist ein Hinweis auf einen solchen kategorischen Rhythmus bei nicht-menschlichen Primaten. Die Forscher glauben jedoch, dass sich dieses grundlegende musikalische Prinzip unabhängig voneinander bei Singaffen, Singvögeln und Menschen entwickelt habe (Gamba et al., 2019).

Die Wahrnehmung zeitlicher Regelmäßigkeit ist entscheidend für die Synchronisation bei Musik und Tanz. Celma-Miralles und Toro (2020) untersuchten die Isochronieerkennung bei zwei Säugetierarten. Dafür trainierten sie sowohl Ratten (Rattus norvegicus) als auch Menschen darauf, zwischen regelmäßigen und unregelmäßigen akustischen Sequenzen mit unterschiedlichen zeitlichen Abständen zu unterscheiden. Die Forscher starteten mit der Hypothese, dass die Detektion von Regularitäten möglicherweise nicht von akustischen Lernfähigkeiten abhängig sei und sowohl Ratten als auch Menschen regelmäßige von unregelmäßigen Reizen unterscheiden könnten. In der Studie wurden vier verschiedene Rhythmen im

Training verwendet und zwei neue Rhythmen in den Test eingeführt. Anschließend verglichen sie die Verhaltensreaktionen der beiden Tierarten. Sie fanden heraus, dass Ratten und Menschen häufiger auf die neuen regelmäßigen Sequenzen reagierten als auf die unregelmäßigen. Die Autoren weisen darauf hin, dass Arten, die weit vom Menschen entfernt sind und keine komplizierten Laute erzeugen (wie z. B. Ratten), in ihren Experimenten über diese Fähigkeit verfügten. Der fehlende Unterschied zwischen den Reaktionen von Ratten und Menschen könnte also bedeuten, dass beide Spezies in der Lage sind, Regelmäßigkeit unabhängig von der phonologischen Lernfähigkeit zu erkennen.

Zusammenfassend lässt diese Studie den Schluss zu, dass die Erkennung von zeitlicher Regelmäßigkeit in Klangsequenzen möglicherweise uralte evolutionäre Wurzeln hat und auf Timing-Mechanismen beruht, die auch bei entfernt verwandten Säugetieren vorhanden sind. Dies deutet darauf hin, dass die menschliche Rhythmuswahrnehmung starke evolutionäre Wurzeln hat und mit allgemeineren Mechanismen der Zeitwahrnehmung verknüpft sein könnte. Diese Ergebnisse deuten weiterhin darauf hin, dass die Synchronisation mit musikalischen Metren nicht nur beim Menschen vorkommt und dass einige der neuronalen, verhaltensbezogenen und anatomischen Merkmale der Rhythmuswahrnehmung und -produktion mit einer Vielzahl von Arten geteilt werden, so dass hier spekuliert wird, dass diese Merkmale einen gemeinsamen evolutionären Ursprung haben oder sich unter unterschiedlichem evolutionären Druck zu ähnlichen Merkmalen entwickelt haben könnten (Ravignani & Madison 2017).

In der Studie von Ravignani und Kollegen (Ravignani et al., 2016) wurde die kulturelle Evolution des Rhythmus im Labor modelliert. Diese Studie zeigte, dass Teilnehmer, denen zufällige Klopfgeräusche präsentiert wurden, dazu neigten, aus diesen Informationen strukturierte und sich wiederholende Rhythmen zu entwickeln und dass sich diese Muster in den nachfolgenden Generationen von Teilnehmern, die aufgefordert wurden, die Rhythmen der vorherigen Generationen zu imitieren, zeigten. Musikalische Rhythmen entstehen zum Teil durch den Einfluss menschlicher kognitiver und biologischer Faktoren auf kulturelle Evolutionsprozesse (Ravignani et al., 2016). Dies bedeutet auch, dass das Auftreten von musikalischen (oder musikähnlichen) Verhaltensweisen möglicherweise nicht ausschließlich auf das Genom zurückzuführen ist, sondern eher auf eine allgemeinere Tendenz, akustische Erfahrungen auf eine bestimmte Weise zu konstruieren (Fitch, 2017). Zwar gibt es musikalische und sprachliche Prototypen auch bei anderen Arten wie Schwalbenschwänzen, aber die Komplexität und Vielfalt dieser musikalischen Fähigkeiten ist einzigartig für den Menschen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die menschliche Evolution unser Gehirn mit einer neuronalen Basis ausgestattet hat, die speziell für den Erwerb von Sprache und Musik geeignet ist (Patel, 2003).

Aus diesen Forschungsergebnissen geht hervor, dass auch Tiere über elementare musikalische Fähigkeiten verfügen. Allerdings unterscheidet sich ihr musikalischer Ausdruck von dem des Menschen, der über vielfältigere Synchronisationsverhaltensweisen verfügt als andere Tiere. Patel argumentiert, dass die Tendenz, sich synchron zum Grundschlag der Musik zu bewegen (z. B. durch Kopfschütteln, Fußklopfen oder Tanzen), beim Menschen, nicht aber bei anderen Arten, verbreitet ist (Patel, 2009). Er erklärt weiter,

dass diese Fähigkeit ein Ausdruck der Spezialisierung des Gehirns auf die Musikwahrnehmung sei und auf neuronalen Schaltkreisen beruhe, die normalerweise anderen Funktionen dienten.

Die Entdeckung des *Entrainments* zeigt, dass eine Reihe von synchronen Verhaltensweisen wie Chorgesang und Tanzen das Ergebnis einer evolutionären natürlichen Auslese sind, da solche Verhaltensweisen in Gruppen von Menschen Bindungen schaffen, die dem Überleben förderlich sind. Diese Gefühle der Nähe führen auch dazu, dass wir uns anderen gegenüber positiv verhalten. Die Grenzen zwischen sich selbst und anderen verschwimmen bei synchronen Aktivitäten. Ob bewusst oder unbewusst, sehen wir andere als eins mit uns selbst, wenn unser Verhalten mit dem der anderen übereinstimmt. Es wird spekuliert, dass Synchronisierungsaktivitäten den Menschen geholfen haben, kollektive Bindungen aufzubauen, indem sie während der Ausbreitung früher menschlicher Gemeinschaften und des Lebens mit Gleichaltrigen prosoziales Verhalten und Kooperation förderten (Tarr et al., 2016). Tarr und Kollegen (Tarr et al., 2016) vermuten, dass größere Gruppen es den Menschen ermöglichten, sich besser gegen Überfälle anderer menschlicher Gruppen zu verteidigen und dadurch das Überleben und die Fruchtbarkeit zu erhöhen, was wiederum durch natürliche Selektion das Vorhandensein von Synchronisierungsverhalten in der nächsten Generation festigte.

Sie fanden auch heraus, dass synchronisierte Tänzer sich anderen Teilnehmern näher fühlten, dass synchronisierte Bewegungen die Endorphinproduktion während des Tanzens im Vergleich zu asynchronen Bewegungen stark ansteigen ließen, dass synchronisiertes Verhalten ein Muster der Gehirnaktivität erzeugte, das sich von demjenigen zu unterscheiden schien, das beim wahllosen Summen oder Schwingen des Körpers beobachtet wurde und dass die angenehme Gruppenwirkung von Musik wie ein Hormon war, das im Gehirn wirkte (Tarr et al., 2014). Sie vermuten, dass Endorphine bei intensiver rhythmischer Aktivität, einschließlich musikalischer Interaktion, freigesetzt werden. Endorphine ähneln dem Dopamin insofern, als es sich bei beiden um Substanzen handelt, die vom Gehirn ausgeschüttet werden und ein Gefühl der Freude und Befriedigung hervorrufen. Endorphine unterscheiden sich jedoch von Dopamin, das als 'Genussmittel' bekannt und für eine wichtige Funktion in unserem Belohnungsmechanismus verantwortlich ist. Die Gänsehaut-Reaktion auf Musik wird als positive Emotion betrachtet, bei der die Dopaminausschüttung eine wichtige Rolle spielt, wie ich im Abschnitt über die Neurowissenschaften noch ausführlich erläutern werde.

Endorphine sind bei allen Primatenarten an der sozialen Bindung beteiligt und werden mit einer Reihe menschlicher sozialer Verhaltensweisen (z. B. Lachen, synchronisierte Bewegungen) sowie mit musikalischen Aktivitäten (z. B. Singen und Tanzen) in Verbindung gebracht. Obwohl Endorphine eine neurochemische Erklärung für die starken Effekte synchronisierten Verhaltens liefern, gibt es möglicherweise noch andere biologische Mechanismen, die zusammenwirken. Angesichts der Tatsache, dass Musik einen externen rhythmischen Rahmen bieten kann, der die Synchronität fördert, sollte eine Erklärung der sozialen Beziehungen bei musikalischen Gruppenaktivitäten auch einen Hinweis auf Endorphine enthalten, die bei synchronisierten Bewegungen freigesetzt werden.

Obwohl auch Tiere über einige rhythmische Fähigkeiten verfügen, sind Menschen besonders geschickt darin, rhythmische und isometrische Muster zu erzeugen und wahrzunehmen (Bolton, 1894; Fitch,

2009, 2015; Motz et al., 2013; Ravignani & Madison , 2017). Der Drang, sich zur Musik zu bewegen, ist beim Menschen universell. Im Gegensatz zu den bildenden Künsten, die sich über den Raum erstrecken, umspannt Musik die Zeit. Wenn Zuhörer von Musik mitgerissen werden, sei es durch Bewegung (z. B. Tanzen) oder veränderte Bewusstseinszustände (z. B. Trance), ist es in der Regel die zeitliche Natur der Musik – ihre Pulse, Rhythmen und rhythmischen Muster – die sie in diesen Zustand versetzt. Für das Nervensystem ist das Erkennen von Etwas von Merkmalen abhängig. Musikfähigkeit extrahiert die Merkmale, wie die Kernmerkmale eines menschlichen Ausrufs, die Kernmerkmale eines menschlichen Lachens oder die Kernmerkmale eines weinenden Menschen, die Merkmale eines vor Freude tanzenden Menschen, verstärkt sie und wiederholt sie, um eine Folge von Rhythmen zu erzeugen, die von anderen Individuen erkannt werden können.

Es ist jedoch nicht bekannt, inwieweit unsere rhythmischen Fähigkeiten von alten evolutionären Mechanismen abhängen, die möglicherweise auch bei anderen Tieren existieren. Es wurde auch vorgeschlagen, dass der Prozess des Klopfens zu spezifischen Formen des Zuhörens geführt haben könnte. Morley (2013; 2014) weist darauf hin, dass die Resonanz und manchmal die tonale Qualität von Steinen und Flocken zu einem musikähnlichen Klangspiel geführt haben könne (Zubrow et. al, 2001; Killin, 2016A; 2016B). Diese rhythmischen Verhaltensweisen könnten zu gleichzeitigen Formen proto-musikalischer und proto-linguistischer Kommunikation geführt haben.

Martin Rohrmeier und Stefan Kölsch (Rohrmeier & Kölsch, 2012) gehen davon aus, dass Musik ein zeitlicher *stream* von einem oder mehreren gleichzeitigen akustischen Ereignissen ist. Der Mensch kann Resonanzen in Frequenzen wahrnehmen (Large, 2008; Large et al., 2010). Diese Ergebnisse wurden durch die Neurowissenschaft unterstützt.

Wenn ein Rhythmus eine Pause einlegt, enthält er wiederum eine Erwartung[36] für den nächsten Rhythmus, z. B. die Antizipation des nächsten Schlags (*beat*) und dieser Prozess beinhaltet tatsächlich das Vorwegnehmen und die Anpassung an den Rhythmus, einschließlich der genauen Vorhersage kommender Ereignisse (Cameron & Grahn, 2014). Auch David Huron (2006) argumentiert, dass Antizipation und Erwartung die dynamische Natur des zeitlichen Charakters von Musik umfassen. Die Fähigkeit, aus komplexen musikalischen Szenen eine zeitliche Regelmäßigkeit abzuleiten, die oft in Bezug auf den *beat* (Grundschlag) definiert wird, ist ein kognitiver *Top-down*-Prozess (Motz et al., 2013).

Einer der wichtigsten Aspekte der Wahrnehmung und das ist entscheidend für Musik, ist die Fähigkeit, künftige Ereignisse vorherzusagen, die auf Erfahrungen aus der Vergangenheit basieren. Hier zeigt sich nochmal die evolutionäre Bedeutung der Antizipation. *Prediction* spielt eine evolutionäre Rolle in allen Formen der Kognition. Sie umfasst zentrale Mechanismen der Wahrnehmung und der Kognition der Musik (Rohrmeier & Koelsch, 2012). Vorhersage ist eine wichtige Fähigkeit zum Überleben, weil sich ein Tier besser auf die Reaktion zu einem Ereignis vorbereiten kann, wenn das Ereignis vorausgesagt werden kann. In Bezug auf Musik gehen wir davon aus, dass Vorhersage beim Musikhören eine selektive Reaktion auf neu eintreffende akustische Informationen auslösen kann. Diese bewirkt in „optimaler“ Weise ein ‘*sampling’* der

[36] *Prediction* (Prädiktion, Antizipation, Vorhersage) und e*xpectancy* (Erwartung) werden hier im Text synonym verwendet.

auditiven Eigenschaften, so dass die Erwartung bestätigt und *prediction errors* vermieden werden können. Die Präferenzen und die Wahrnehmung von Tempo (d. h., ob ein musikalisches Stück langsam oder schnell ist) wurzeln in physikalischen und biologischen Eigenschaften der sensorischen und motorischen Systeme. Daraus ergibt sich auch die Möglichkeit, musikalische Strukturen vorhersagen zu können.

Man geht davon aus, dass Musik das neuronale Feuern, d. h., Aktionspotentiale, in unserem Gehirn sowie Körperbewegungen beeinflusst. Besonders betrifft dies Bereiche im Gehirn, die mit unserem sensumotorischen System verknüpft sind. Diese Prozesse werden von neuronalen Netzwerken gesteuert, zu denen das Kleinhirn, das ergänzende motorische Areal (SMA, *supplementary motor area*) und der prämotorische Kortex (PMC) zählen. Während Neuronen im Einklang mit der Musik feuern, werden zeitliche Erwartungen auch im Brodmann-Areal (BA47) aktiviert, das eng mit der Verarbeitung von Sprachstrukturen in gesprochener und gebärdeter Sprache in Verbindung steht (Levitin & Menon, 2003). Mehrere Studien haben zudem die Hirnaktivität von Musikern verglichen, wenn sie ein ihnen vertrautes Musikstück hören, das sie spielen können, mit ihrer Hirnaktivität beim Spielen desselben Stücks, jedoch ohne akustisches Feedback. In beiden Fällen gibt es eine deutliche Überlappung zwischen auditiven und prämotorischen Arealen, was darauf hindeutet, dass sowohl auditive als auch motorische Systeme während der Wahrnehmung und Produktion eng zusammenwirken (Bangert, & Altenmuller, 2003; Baumann et al., 2005; Bangert, et al., 2006).

Eine Studie (Kokal et al., 2011) hat gezeigt, dass asynchrones Verhalten nur die linke Gehirnhälfte aktiviert, während synchronisiertes Verhalten sowohl die linke als auch die rechte Gehirnhälfte aktiviert. Diese Erkenntnis deutet auch darauf hin, dass synchronisiertes Verhalten mehr ist als nur eine einfache Handlung. Es hat sich auch gezeigt, dass das Belohnungssystem im Gehirn ebenfalls eine wichtige Rolle beim Synchronisationseffekt spielt. Bei der Versuchsreihe in dieser Studie wurde die funktionelle MRT (Magnetresonanztomographie) zur Ermittlung der Gehirnaktivität eingesetzt. Kokal und Kollegen (Kokal et al., 2011) fanden heraus, dass der Nucleus caudatus während des synchronen Trommelns aktiviert wurde. Dies deutet darauf hin, dass das Belohnungssystem an diesem Verhalten beteiligt war und dass die Probanden eher bereit waren, sich in Zukunft an Aktivitäten mit Personen zu beteiligen, die zuvor synchronisiert waren (Kokal et al., 2011). Diese Aktivierung stimuliert das Belohnungssystem im Gehirn, was uns wiederum dazu motiviert, mehr zu tun, um anderen Menschen zu helfen.

Honing hat auch gezeigt, dass die Wahrnehmung des Grundschlags eines Metrums bei Tieren nicht so universell ist wie beim Menschen (Honing, 2013B). In diesem Zusammenhang hat er die Hypothese aufgestellt, dass möglicherweise nicht spezifische Strukturen wie der motorische oder der auditorische Kortex, sondern vielmehr die Verbindungen zwischen diesen Bereichen den Unterschied ausmachen. Das heißt, vielleicht ist die Grundschlagserkennung und -generierung eine einzigartig menschliche musikalische Fähigkeit, die nicht mit Makaken geteilt wird. Wenn es eine biologische Grundlage für den Grundschlag (*beat*) gibt, sollte diese eine längere Zeit und Geschichte haben.

Fitch (2018) sagt, dass Periodizität ein universelles Merkmal aller Organismen sei und dass gekoppelte biologische Oszillatoren leicht miteinander verschränkt werden könnten. Dennoch sei die

Fähigkeit des Menschen, seine musikalischen Bewegungen beim Singen, Tanzen und Musizieren mit den musikalischen Bewegungen anderer Menschen in Einklang zu bringen, selbst wenn sie nicht einzigartig sei, dennoch selten. Dies wirft ein Paradoxon auf, das mit dem menschlichen Rhythmusgefühl und dem damit verbundenen Phänomenen in der Natur so selten anzutreffen ist.

Ravignani und Kollegen (Ravignani et al., 2014) nähern sich diesem Paradoxon aus verschiedenen Perspektiven, indem sie Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Menschen und anderen Tieren, zwischen verschiedenen Aspekten der Musik (harmonisch und rhythmisch) und zwischen Musik und gesprochener Sprache untersuchen. Es zeigt sich, dass das 'Rhythmusparadoxon' gelöst werden kann, indem man anerkennt, dass das rhythmische Verhalten des Menschen aus mehreren unterschiedlichen Komponenten besteht, von denen jede ihre eigene biologische Grundlage und Evolutionsgeschichte hat. Fitch (2012) erinnert daran, dass es sogar gegen die Evolutionstheorie verstoße, wenn man den Einfluss der anderen Teile außer Acht lasse, weil man sich nur auf einen Teil konzentriere. Er identifiziert mindestens drei trennbare Komponenten der menschlichen Fähigkeit zu rhythmischem Verhalten. Dazu gehören die Erzeugung periodischer Bewegungsmuster selbst (ein uraltes und weit verbreitetes Phänomen), die Extraktion von Grundschlägen (*beats*) aus komplizierten Mustern (zumindest eine Form der Wahrnehmungskognition, die mit der Sprache geteilt wird) und die Koordinierung der eigenen motorischen Leistung mit diesem abgeleiteten *beat*.

Krumhansl und Jusczyk (1999) fanden experimentell heraus, dass die Segmentierung von Musik bei einigen Monaten alten Säuglingen keine musikalische Erfahrung voraussetzt . Daraus schließen sie, dass dies vielleicht das ungewöhnlichste biologische Merkmal des menschlichen rhythmischen Verhaltens ist. Ein Großteil der Belege aus Rhythmusstudien unterstützt die evolutionäre Natur dieser musikalischen Fähigkeit, aber es gibt auch eine gewisse Betonung ihrer kulturellen Eigenschaften. Vielleicht ist diese Dichotomie nicht korrekt, da es die Position gibt, dass fast alles von der biologischen Basis, der Umwelt und der Kultur beeinflusst wird (Ravignani et al., 2014) und dass, wenn man alle drei als im Widerspruch zueinander stehend betrachtet, dann die Vorstellung der Dichotomie, das etwas entweder naturgegeben oder durch Erziehung erworben ist, eine der nutzlosesten in der Biologie ist.

3.2.2 Die Hypothese der sexuellen Selektion

Darwin (1872) glaubte, dass Musik ihren Ursprung im Balzen habe und eng mit einigen der stärksten Leidenschaften verbunden sei, die Tiere empfinden könnten. Seither sind immer mehr Wissenschaftler zu der Überzeugung gelangt, dass die musikalischen Fähigkeiten des Menschen eine tiefere evolutionäre Bedeutung haben. Theorien über den Ursprung der Musik in der Balz oder im sozialen Zusammenhalt gehen davon aus, dass es im menschlichen Gehirn Strukturen gibt, die sich speziell für die Musik entwickelt haben. Die Musik könnte von primitiven Menschen entdeckt worden sein, die eine Art Schlaginstrument benutzten, um wilde Tiere zu verjagen, oder um das andere Geschlecht anzuziehen, da eine attraktive äußere Erscheinung den Siegern mehr Fortpflanzungsrechte ermöglichen und somit zu einer größeren Anzahl von Nachkommen

führen könnte. In seiner Theorie der sexuellen Selektion wies Darwin darauf hin, dass attraktive Merkmale bei der Balz die Fortpflanzung von Menschen- oder Tierpopulationen ermöglichten, was zu Verzierungen führte, die an sich keinen offensichtlichen Überlebenswert hatten, wie etwa die Federn eines Pfaus. Darwin war der Ansicht, dass Musik und Tanz des Menschen, ebenso wie der Gesang und der Tanz der Vögel, Anpassungserscheinungen seien, die durch sexuelle Selektion entstanden seien. Mit anderen Worten: Die Hypothese der sexuellen Selektion über den Ursprung der Musik besagt, dass die Musik dazu beiträgt, das andere Geschlecht anzuziehen und so eine Überlegenheit beim Werben zu erlangen.

Fitch (2010) betrachtet die musikalische Protossprachen-Hypothese von Darwin und knüpft daran an, so wie die meisten heutigen Modelle davon ausgehen, dass die verschiedenen Aspekte der Sprache nacheinander in einer bestimmten Reihenfolge und unter dem Einfluss von unterschiedlichem Selektionsdruck erworben werden. Fitch neigt dazu, Gesang als biologisches Merkmal zu verstehen. Es ist wahrscheinlich, dass die menschlichen Vorfahren ‘musizierten’, bevor sie die Fähigkeit erlangten, ihre Liebe zueinander in Worten auszudrücken. Mit anderen Worten: Die menschlichen Vorfahren fühlten sich durch Klänge und Rhythmen zueinander hingezogen, bevor sie die Fähigkeit zum Sprechen entwickelten. Man kommt zu dem Schluss, dass Darwins Modell mit einem Großteil der verfügbaren Belege für die Evolution von Musik und Sprache übereinstimmt. Die Funktion der Musik besteht nicht nur darin, Menschen anzuziehen und zu erfreuen, sondern auch darin, die Emotionen der Beteiligten zu harmonisieren und so die gegenseitige Bindung zu fördern. Männer und Frauen, die gut singen und tanzen können, sind für das andere Geschlecht begehrenswerter.

Die Hypothese der sexuellen Selektion wurde zunächst auch von Wissenschaftlern unterstützt und weiterentwickelt. Insbesondere hat Geoffrey Miller (2001) Darwins Theorie der Musik weiterentwickelt. In diesem Kontext argumentiert Miller, dass Musik ein Merkmal sei, das bei der Partnerwahl eine Rolle spiele. Die Musikfähigkeit könne ein wichtiger Hinweis auf die Gesundheit und Fitness eines potenziellen Partners sein. Beispielsweise hätten populäre Musiker die Möglichkeit, ihre Gene an die nächste Generation weiterzugeben. Die Fähigkeit, Musik zu machen, kann als ein Zeichen von Männlichkeit und Dominanz angesehen werden, was bei der Partnerwahl von Frauen attraktiv sein kann. Als Beispiel führt Miller (2001) an, warum junge Frauen einen Rockstar als möglichen Vater für ihre Kinder wählen würden und nicht einen kultivierteren und einsichtigeren Berufstätigen wie einen Journalisten. Er argumentiert, dass dies darauf zurückzuführen sei, dass Musik in Darwins Theorie der sexuellen Selektion ein hervorstechendes Merkmal für Gesundheit und ein Balzverhalten sei, das hauptsächlich von Männern eingesetzt werde, um Frauen anzulocken. Miller (1997) argumentiert, dass Primaten die Fähigkeit entwickelt hätten, ihren reproduktiven Rivalen gegenüber sozial unberechenbar zu sein. In Experimenten hätten Forscher festgestellt, dass die Unberechenbarkeit der Aggression von Primaten eine hybride Strategie widerspiegeln könne und dass dieser ’soziale Protektionismus‘ einige der genetischen und neurologischen Grundlagen liefern könne, indem unser Gehirn Mechanismen für die Zufallssteuerung des Sozialverhaltens im Allgemeinen bereitstelle, die auf den speziellen Fall des Balzverhaltens angewandt werden könnten, um ein interessantes, kreatives und romantisches Verhalten zu erzeugen.

Kreativität könne zunächst als zuverlässiger Indikator für soziale Kompetenz und Jugend dienen, da junge Primaten tendenziell verspielter und unberechenbarer seien als Erwachsene. Beim modernen Menschen korreliere die Kreativität auch stark mit der allgemeinen Intelligenz und mäßig mit Gesundheit und Energielevel. Ihre Vererbbarkeit scheine ein Nebeneffekt ihrer Verbindung mit der Intelligenz zu sein, die stark vererbbar sei. Durch die Untersuchung der positiven Eigenschaften der Fähigkeit, unberechenbar zu sein, legt Miller (2001) nahe, dass Menschen eine sexuelle Präferenz für lustige, komische Partner gegenüber langweiligen Partnern haben und vermutet, dass diese sexuelle Präferenz für unberechenbares Balzverhalten die Evolution der menschlichen Kreativität vorangetrieben habe.

Die Hypothese der sexuellen Selektion befasst sich nicht mit den Dilemmata des Bewusstseins oder der Dynamik des kulturellen Wandels, obwohl sie einen gewissen Einfluss auf diese Fragen haben könnten. Hagen und Bryant (2003) finden, dass eine sehr wichtige Funktion der Musik übersehen werde: Die Fähigkeit, sich in einer sozialen Gruppe zu koordinieren. Die Verwendung von Musik und Tanz als Mittel zur Koordination und Bindung innerhalb von Gruppen ist gut dokumentiert. Es gibt zahlreiche Beispiele dafür, wie Musik und Tanz in traditionellen Kulturen verwendet werden, um Gemeinschaften zu stärken und soziale Bindungen zwischen den Mitgliedern zu fördern. Darüber hinaus kann Musik auch als ein Mittel zur Übermittlung von Informationen und zur Kommunikation zwischen Gruppen und Individuen dienen. Musik und Tanz könnten ursprünglich ein Signal der sozialen Bindung sein, das die Qualität der Bindung vermittele. Es sei möglich, dass sich diese musikalische und tänzerische Bindung zwischen Gruppenmitgliedern aus dem ursprünglichen territorialen Verteidigungssignal der Koordination entwickelt habe. Die Hypothese der sexuellen Selektion sei eine schwache Erklärung für Gruppenaufführungen von Musik und Tanz, insbesondere für synchronisierte Aufführungen.

3.2.3 Soziabilität: protomusikalisches Verhalten, soziale Bindung und Trennungs-Angst-System

1984 schlug Juan G. Roederer (Roederer, 1984) die Hypothese des sozialen Zusammenhalts für den Ursprung der Musik vor. Er argumentierte, dass die Vorteile von Musik- und Tanzaktivitäten darin lägen, dass sie die Kommunikation zwischen Mitgliedern erleichterten und somit den sozialen Zusammenhalt stärkten. Gruppenaktivitäten, wie z. B. die Gruppenjagd, unterstützten den Einzelnen und die Gruppe gegenseitig, wobei der Einzelne einen Beitrag zur Gruppe leiste und die Gruppe dem Einzelnen etwas zurückgebe. Roederer (1984) identifiziert drei Ebenen eines möglichen Überlebenswertes in Verbindung mit Musik: (1) Die akustische Kommunikation zwischen dem Neugeborenen und der Mutter, die die Grundlage für die emotionale Beziehung zur Mutter und die Dynamik des Spracherwerbs durch das Training der akustischen Erkennung komplizierter Klangmuster bilde; (2) die Notwendigkeit, Informationen aus den musikalischen Komponenten der Sprache zu extrahieren, wie z. B. Vokale, Beugungen oder tonale Hinweise in asiatischen Sprachen; und (3) die Wirkung der Musik als Ausgleichsmittel für den emotionalen Zustand der Gruppe. Diese Hypothese wird auch von einigen Wissenschaftlern anerkannt (Brown, 2000; Freeman,

2000; Mithen, 2007). Sie könne die Rolle von Musik und Tanz bei Gruppenaktivitäten erklären, bei denen das Hören und Üben von Musik evolutionär wichtige Funktionen wie Kommunikation, Gruppenkoordination und Gruppenzusammenhalt habe (vgl. Koelsch & Siebel, 2005).

Die Entwicklung und Aufrechterhaltung von prosozialem, altruistischem Verhalten als weit verbreitetes soziales Phänomen hat in letzter Zeit großes Interesse in der Musikforschung hervorgerufen. Prosoziales Verhalten entsteht früh in der menschlichen Entwicklung und spielt eine einzigartig wichtige Rolle im menschlichen Sozialleben. Nach Dunfield (2014) kann prosoziales Verhalten in drei verschiedene Arten unterteilt werden: Helfen, Teilen und Trösten. Diese drei Arten sind Reaktionen, die drei verschiedene negative Zustände widerspiegeln: instrumentelle Bedürfnisse, unerfüllte materielle Wünsche und emotionale Not. Dunfield (2914) führte auch eine formale Filmanalyse anhand der bereitgestellten bewegenden Filmausschnitte durch. Im Vergleich zu zufällig ausgewählten, gleich langen Ausschnitten derselben Filmproduktion zeigten diese Ausschnitte, wie die technische und künstlerische Gestaltung optimiert wurde, um soziale Interaktionen und emotionale Ausdrücke darzustellen.

Juslin (2001) spekuliert, dass die Ursprünge der Musik in Ritualen lägen, die den Ausdruck stimmlicher Emotionen mit Gesang verbanden: Der stimmliche Ausdruck von basalen Emotionen wie Freude, Trauer, Wut und Liebe könne allmählich mit der Vokalmusik, die mit den damit verbundenen kulturellen Ereignissen wie Feiern, Beerdigungen, Kriegen und Pflege assoziiert ist, verschmolzen sein. Daraus folge, dass die basalen Emotionen privilegiert seien: Sie seien biologisch für eine effektive Kommunikation vorbereitet. Nach Panksepp und Bernatzky (2002) sind Bewegungen in Form von Tanzen, Singen, Klatschen, Hüpfen, Wiegen und Nicken zur Musik sehr verbreitete Verhaltensweisen. Solche Bewegungen hätten auch eine soziale Funktion, da synchronisierte Bewegungen verschiedener Individuen eine koordinierte soziale Aktivität darstellten. Die *seven C's*[37] von Koelsch beschreiben sieben Merkmale von Musik, die sich positiv auf die soziale Interaktion auswirken können (Koelsch, 2013).

Robin Dunbar (1996) sieht im Klatsch (*gossip*) ein Instrument der sozialen Ordnung und des Zusammenhalts – ähnlich wie die soziale Körperpflege, die andere Primaten an ihren sozialen Beziehungen vornehmen. Menschenaffen sind die engsten Verwandten des Menschen und unterscheiden sich von anderen Tieren durch die Stärke dieser Beziehungen. Ihre soziale Körperpflege (*grooming*) diente weniger der Hygiene als vielmehr dazu, Beziehungen zu festigen, Freundschaften zu schließen und andere Primaten zu beeinflussen. Doch für die frühen Menschen stellte die soziale Körperpflege als Mittel für den sozialen Gruppenzusammenhalt ein Problem dar: Angesichts ihrer großen sozialen Gruppen von etwa 150 Personen hätten unsere frühesten Vorfahren fast die Hälfte ihrer Zeit damit verbringen müssen, sich gegenseitig zu pflegen – eine unmögliche Belastung. Dunbar (1996) geht davon aus, dass der Mensch die Sprache durch Klatsch entwickelt habe. Sprachlicher Klatsch und Tratsch scheinen eine interessante Idee zu sein, die eine

---

[37] Die sieben Cs sind: 1. *social cognition*, 2. *co-pathy*, 3. *social cohesion*, 4. *social cognition*, 5. *communication*, 6. *coordination*, 7. *cooperation*. Er erklärt die soziale Funktion der Musik wie folgt: „*when playing music in a group, individuals have contact with other individuals, engage in social cognition, participate in co-pathy (the social function of empathy), communicate, coordinate their actions, and cooperate with each other, leading to increased social cohesion*" (Kölsch, 2013, S. 204). Hier gibt es eine zusätzliche Argumentation. Zum Beispiel geht es um die Koordination, die für das soziale Verhalten wichtig ist. Dies wird sowohl durch biologische Forschung als auch durch die Phylogenese unterstützt.

vielfältige und dynamische Gruppe von Menschen zusammenbringt – sei es als Jäger und Sammler, Soldaten oder Arbeiter. Seine Forschungen an Primaten und zu der Funktion des Klatsches bestätigen dies.

Eine alternative Sichtweise in Bezug auf die Funktion des Gruppenzusammenhalts geht davon aus, dass Musik aus musikähnlichen Lautgebungen von Pflegepersonen für Säuglinge entstand. Von diesen Lautgebungen nimmt man an, dass sie die Bindung zwischen den Pflegepersonen und den Säuglingen stärken, die Belastung durch die Betreuung verringern, sowie das Wohlbefinden und Überleben der Säuglinge fördern (Trehub et al., 2003). Sie ebneten daher evolutionär vermutlich den Weg für Sprache und Musik (Trehub, 1993). Insbesondere ist die Bindung zwischen Säugling und Mutter unzerstörbar. Aber es ist schwierig, die Komplexität des Aufbaus der Bindung zwischen Säugling und Mutter zu quantifizieren. Panksepp (1995) hat gesagt, dass der Säugling nach der Mutter, die dem Säugling Nahrung gebe, schreie und erklärt, dass der Säugling durch diese Fütterungsbeziehung eine Bindung zur Mutter aufbaue.

Die Mutter-Kinder-Interaktion ist nach einigen Forschern (Cross, 2016; Dissanayake, 2010; Trevarthen, 1999) ein protomusikalisches Verhalten und bildet eine Vorform der Musik. Wenn ein Kind weint oder traurig ist, versucht die Mutter durch Laute oder Bewegungen, die Emotionen des Kindes zu regulieren. Dieses Verhalten, das durch prosodische Elemente wie Intonation, Tonhöhenänderungen, Rhythmus und Betonung geprägt ist, bildet eine Grundlage für das Kind, um die emotionale Regulation zu erlernen und gleichzeitig sprachliche und soziale Kompetenzen zu entwickeln. Das protomusikalische Verhalten der Mutter, bei dem sie die emotionalen Bedürfnisse des Kindes durch ihre Stimme und ihre Bewegungen anspricht, trägt zur Entwicklung des Kindes bei. Indem das Kind die prosodischen Elemente der Sprache der Mutter wahrnimmt und darauf reagiert, erlangt es allmählich Verständnis für die Bedeutung von Sprache und für die soziale Kommunikation in seiner Gesellschaft.

Prosodie betrifft die Intonation oder den Tonfall einer natürlichen Sprache und wird in der Linguistik von Phonologie, Syntax und Semantik abgrenzt. Man könnte interpretieren, dass das Protomusikalische einerseits bedeutet, dass es noch kein musikalisches Verhalten in einer bestimmten Kultur sei. Andererseits ist dieses Verhalten schon durch sehr viele musikalische Elemente geprägt, die in der Musik und auch in der Sprache eine Rolle spielen. Das Konzept des protomusikalischen Verhaltens zielt auf die proximate ontogenetische Fragestellung, während Protomusik wie Protosprache Konzepte sind, die auf die ultimaten Perspektiven der Phylogenese und adaptiven Funktion zielen

Babys entwickeln eine Bindung zu der Person, die ihnen am nächsten ist. Sie bevorzugen in der Regel ihre Mutter. Sie bevorzugen deren Stimme, deren Gesicht, deren Geruch. So wird die soziale Bindung hergestellt. Wenn das Kind dies nicht tut, wird später etwas Unsicheres passieren. Junge Tiere senden Notsignale aus. Sie zwitschern oder weinen. Aus evolutionärer Sicht erregt jedes junge Tier, das Notsignale aussendet, die Aufmerksamkeit der Pflegenden (*caregiver)*, die bereit sind, darauf zu reagieren. Wenn zum Beispiel eine Mutter versucht, ein weinendes Baby zu beruhigen, aber das Kind die Sprache noch nicht versteht, verwendet sie eine spezifische kindgerechte 'Sprache', um mit dem Kind in Kontakt zu bleiben. Sie benutzt eine 'Sprache', die noch nicht als aktuelle Sprache bezeichnet werden kann. Sie hat vielmehr einen Rhythmus und eine bestimmte Intonation, um Emotionen auszudrücken. Es handelt sich um einen

Sprachrhythmus und eine Intonation, die zusammenfassend „Prosodie“ genannt werden. (Jentschke & Koelsch, 2010). Der Begriff “Prosodie” umfasst die rhythmischen und melodischen Variationen einer Sprache, die die Struktur eines Gesprächs und einer Botschaft oder die Stimmung und Absichten des Sprechers vermitteln. Prosodie ist daher ein wichtiges Instrument in der sozialen Interaktion.

Die Wahrnehmung von Musik und Sprache beruht auf ähnlichen Mechanismen, die auf der Tatsache beruhen, dass sich Sprache und Musik aus einer gemeinsamen Form der Kommunikation entwickelt haben (Jentschke & Koelsch, 2007). In anderen Formen der Kommunikation sind sprachliche Konturen (für Sprache) oder melodische Konturen (für Musik) ein wichtiges Mittel zur Übermittlung von Emotionen und kennzeichnen die emotionale Dimension des Sprachbereichs (Trehub, 2003). In Bezug auf das Betreuungsmodell von Trehub (Trehub, 1976, 1993) ist die Umgebung des Babys von musikalischen Eingaben geprägt. Die ‘Sprache’, die eine Mutter gegenüber ihrem ihrem Baby verwendet, ähnelt musikalischen Elementen und zeigt eine Vielzahl musikalischer Merkmale, die ihre Fähigkeit zur emotionalen Ausdrucksweise widerspiegeln. Obwohl diese ‘Sprache’ in verschiedenen Kulturen ähnliche melodische Konturen aufweist, die ähnliche Ausdrucksabsichten widerspiegeln, hat jede Mutter ihre eigenen individuellen Muster oder Sprechweisen. Mütter singen auch auf eine emotionale Weise für ihre Babys und ihre wiederholten Darbietungen sind in Tonhöhe und Rhythmus außergewöhnlich stabil.

Es gibt zum Beispiel Wiegenlieder, die von Pflegepersonen für Säuglinge oder Kinder gesungen werden (Morley, 2013). Diese Lieder informieren auf individueller Ebene über Gefühle. Dissanayake (2000; 2008) hat das Konzept der „mutterähnlichen Musik“ entwickelt, um die Verbindung zwischen der vorsprachlichen Kommunikation von Mutter und Kind durch musikalische Elemente zu erklären. Dieses Konzept betont die Bedeutung von Musik und musikähnlichem Verhalten in der Entwicklung emotionaler Bindungen zwischen Mutter und Säugling. Dies geschieht bis der Säugling sechs Monate alt ist durch bestimmte Verhaltensweisen, ‘Sprache’, Gesichtsausdruck und Bewegung. Dissanayakes (2000) Analyse dessen, was die gruppenevolutionäre Matrix der Musikalität beim Menschen ausmachen könnte, ist keine separate Analyse, sondern wird auch von zeitlich strukturierten Bewegungen begleitet. In Übereinstimmung mit Trevarthen (1999), der von *communicative musicality* spricht, argumentiert sie für ein auf den Säugling bezogenes i*nfant directed speech*, auch bekannt als *baby talk* oder *motherese*. Der Kontext der Mutter-Kind-Kommunikation prägt das angeborene musikalische Verhalten, die (Mit-)Regulierung von Emotionen sowie den Erwerb von artikulatorischen, phonemischen und sozialen Kompetenzen des Säuglings. In dieser Hinsicht deckt sich ihr Vorschlag mit dem von Falk (2004). Falk (2004) argumentiert, dass komplexe Mutter-Kind-Interaktionen eine evolutionäre Anpassungsreaktion darstellten.

Ein neuronales System unbefriedigter bindungsbezogener Emotionen ist evolutionär adaptiv, weil Gefühle der Bindung an das Kind, der Liebe zum Kind und der Freude am Zusammensein mit dem Kind Emotionen sind, die dazu dienen, den Nachwuchs kontinuierlich zu schützen und zu nähren (Cross, 2016). Musik und Bewegung scheinen auch gemeinsame neuronale Systeme für den emotionalen Ausdruck zu haben (Sievers et al., 2013). Körperbewegungen spielen eine wichtige Rolle bei der Wahrnehmung musikalischer Rhythmen (Phillips-Silver & Trainor, 2005). Die Hypothese der Mutter-Kind-Bindung besagt,

dass die Sprache und die Bewegungen der Mutter für den Ursprung der Musik verantwortlich sind. Auch Fitch (2005) weist darauf hin, dass aktuelle Daten diese Hypothese stark stützen.

Panksepps Konzept des Trennungs-Angst-Systems fokussiert die evolutionsbiologische und neurowissenschaftliche Perspektive besonders stark. Er ist der Ansicht, dass die evolutionären Grundlagen der Musik möglicherweise weitgehend subkortikal sind (Panksepp, 2007). Es könne sein, dass die Chill-Reaktion besonders von Faktoren wie einer sozio-emotionalen Empfindlichkeit abhängig sein könne.

Es ist bezeichnend, dass in vielen Sprachen sozialer Schmerz, d. h. Gefühle, die durch soziale Entfremdung entstehen, häufig zur metaphorischen Beschreibung durch körperliche Schmerzen wie etwa dem Ausdruck „gebrochenes Herz“ verwendet wird. Sozialer Schmerz ist definiert als das Erleben von Leid, das aus der Wahrnehmung einer tatsächlichen oder potenziellen psychologischen Distanz zu anderen entsteht (Eisenberger & Lieberman, 2004). Säuglinge weinen wegen der Abwesenheit der Mutter: Es entsteht dann Trennungsangst (Panksepp, 1995; 2009; Panksepp & Bernatzky, 2001). Dies stimmt mit Bowlbys und Johns (1975) Konzept eines kindlichen Bindungssystems überein. Es gibt eine physische Entfernung zwischen den Betreuungspersonen und Kindern, die nicht überschritten werden darf. Sobald diese bestimmte Distanz überschritten wird, wird Stress verursacht. Erwachsene sind für das abstrakte und implizite Gefühl der psychologischen Distanz sehr empfänglich. Wenn das Bedürfnis nach engem Kontakt in der Mutter-Kind-Bindung der Schlüssel zum Überleben von Säugetieren ist, dann ist das Erleben von Schmerz während einer sozialen Trennung ein adaptiver Weg, um die schädlichen Folgen einer mütterlichen Trennung zu verhindern. Wie im vorangegangenen Kapitel schon beschrieben wurde, kommt es zu der sogenannten Kampf- oder Fluchtreaktion, wenn man mit einer Gefahr konfrontiert wird und Angst empfindet. Alle Menschen und viele nicht-menschliche Tiere teilen diese Emotion. Es ist sicher, basierend auf vielen aktuellen Studien, dass fast alle Säugetiere die Emotion der Angst teilen. Einige Ängste sind weitgehend angeboren und nicht das Ergebnis von Umwelteinflüssen (Ekman, 1992A, 1992B).

Im Laufe der menschlichen Evolution waren einige Dinge für den Menschen gefährlich, so dass er sich vor ihnen fürchtete und vor anderen nicht. Judy DeLoache (2008) hat einige experimentelle Studien durchgeführt, um evolutionär bedingte Ängste vor natürlichen Dingen von nicht-evolutionär bedingten zu unterscheiden: Die Angst von Säuglingen vor Spinnen und Schlangen, wobei diese Säuglinge offensichtlich noch nie Spinnen und Schlangen gesehen hatten, sind angeborene Ängste, d. h., diese Ängste sind natürlich. Es gibt die Ansicht, dass der Mensch eine evolutionäre Tendenz habe, Schlangen mit Angst zu assoziieren. Nach dieser Auffassung stellten Giftschlangen (und Spinnen) in der Evolution der meisten Säugetiere eine ständige Bedrohung für das Überleben dar, so dass Tiere, die schnell lernten, sie zu meiden, mit größerer Wahrscheinlichkeit überlebten, sich fortpflanzten und ihre Gene weitergaben. Infolgedessen hat sich bei Menschen und anderen Säugetieren eine Tendenz entwickelt, Schlangen fürchten zu lernen.

Angst wird von physischen und psychischen Reaktionen begleitet. So kommt es beispielsweise zur Anspannung der Muskeln, einer Erhöhung der Herz- und der Atemfrequenz sowie einer generellen psychischen Alarmbereitschaft. Dies veranlasst als Reaktion auf eine plötzliche Bedrohung in der Umgebung den Körper dazu, entweder zu rennen, zu kämpfen oder zu erstarren. Angst kann sich wie folgt äußern:

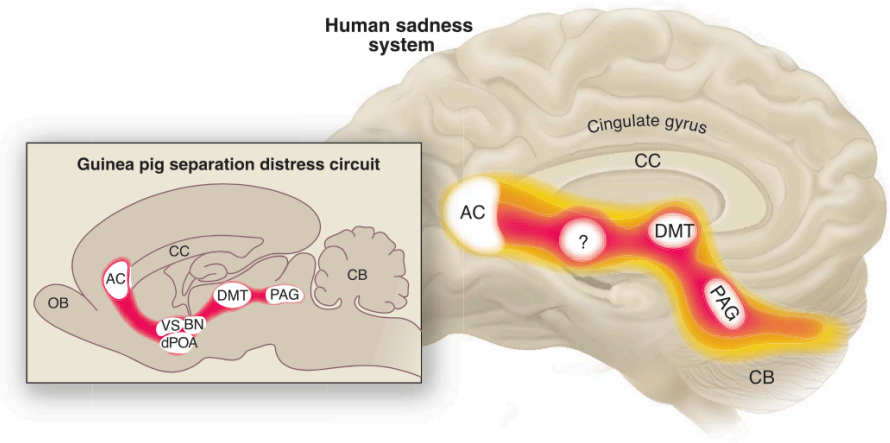

Abb. 3, Panksepp, 2003, S.238

Gesichtsausdrücke: z. B. Aufreißen der Augen und Zurückziehen des Kiefers; Körpersprache: Versuch, der Bedrohung auszuweichen oder sie zu überspringen; physiologische Reaktionen: z. B. schnelle Atmung und beschleunigter Herzschlag. Dies sind die gleichen Reaktionen wie bei der Gänsehaut-Reaktion, die bereits beschrieben wurde.

Das neuronale System der Trennungsangst ist ein kompletter neuronaler Schaltkreis, der die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion erklären soll. Die Abbildung 3 zeigt links das Gehirn des Meerschweinchens. Rechts findet sich das menschliche Gehirn. Der vordere Teil des Gyrus cinguli (*Anterior Cingulate*, AC) ist eine entscheidende Schaltstelle für die Vermittlung elementarer sozialer Emotionen an die kognitiven Entscheidungszentren wie beispielsweise den zingulären Kortex des Gehirns, der sich nicht nur mit sozialem Schmerz, sondern auch mit körperlichen Schmerzen befasst. Die Hauptbahnen für Trennungsangst konzentrieren sich beim Meerschweinchen im ventralen Septum (VS), in der dorsalen präoptischen Region (dPOA) und im *bed nucleus* der Stria terminalis (BN). Sie alle sind notwendig für die Interaktion der Trennungsangst mit anderen sozialen Prozessen wie der Sexualität, dem mütterlichen Pflegeverhalten und anderen Emotionen. Die Hauptbahnen für das psychische Leid des sozialen Verlustes umfassen beim Menschen neben dem AC und einem unbekannten Bereich den dorsomedialen Thalamus (DMT) und das periaquäduktale Grau des Mittelhirns (PAG). Die Aktivität dieses komplexen Netzwerkes stellt, soweit bekannt, das fundamentale neuronale Substrat für das affektive Erleben von Traurigkeit beim Menschen dar. Die Arbeit von Iacoboni und Kollegen (Iacoboni et. al, 2005) weist auf die Bedeutung des Cingulate Cortex (CC) in der Mutter-Kind-Beziehung hin.

Eisenberger und Liebermann (Eisenberger & Lieberman, 2004) überprüfen die Forschungsergebnisse, die darauf hindeuten, dass der anteriore cinguläre Kortex eine Schlüsselrolle bei der Überschneidung von physischem und sozialem Schmerz spielt. Sie haben experimentell herausgefunden, dass eine wachsende Zahl von Belegen aus der Literatur über Läsionen bei Tieren und der bildgebenden Verfahren beim Menschen darauf hinweist, dass körperliche und soziale Schmerzen in den zugrunde liegenden neuronalen Schaltkreisen überlappende Prozesse aufweisen und schlagen vor (Eisenberger & Lieberman, 2004), dass der physisch-soziale Schmerzschaltkreis möglicherweise mit dem sozialen

Schmerzschaltkreis und einem breiteren neuronalen Alarmsystem gemeinsam genutzt wird. Die Bedeutung des cingulären Kortex in der Mutter-Kind-Beziehung wurde auch von Rizzolatti (2005) deutlich hervorgehoben. Panksepp (2010) erklärte, dass die neuronalen Schaltkreise im Gehirn, die die Tiere dazu anregen, füreinander zu sorgen. während der biologischen Evolution entstanden seien. Dies gilt als ein wichtiger und notwendiger Weg für die biologische Evolution. Dieser Mechanismus des gegenseitigen Kontakts zwischen weiblich und männlich erfolgt auf der Grundlage eines bereits bestehenden Sex-Kreislaufs, der zur Ausschüttung von Oxytocin beiträgt. Oxytocin ist ein wichtiger Neuromediator für die Aufrechterhaltung des weiblichen sexuellen Verlangens und spielt eine Schlüsselrolle beim mütterlichen Trieb. Es reguliert auch das sexuelle Verlangen beider Geschlechter und hilft der Mutter, Milch zu produzieren, um ihre Kinder zu ernähren. Das Signal des Kindes wird an den Hypothalamus der Mutter weitergeleitet, der die Sekretion der Muttermilch und die Freisetzung von Oxytocin aus der Hirnanhangdrüse anregt, wo ein weit verzweigtes System von Oxytocin-Neuronen vorhanden ist. Wenn die Mutter den Antrieb des Oxytocin-Systems im Gehirn nicht spürt, wird sie keine mütterliche Funktionen entwickeln. Bei Jungtieren, die von ihren Sozialpartnern isoliert sind und vor Trennungsschmerz schreien, fehlt es an einer angemessenen mütterlichen Fürsorge, um ihre emotionale Stabilität und Entwicklung zu fördern (Panksepp, 1998). Experimente haben gezeigt, dass verschiedene Peptidopiate, Oxytocin und Prolaktin das dissoziative Rufen deutlich reduzieren. Es könnte argumentiert werden, dass die chemische Regulierung bei der Regulierung dieser sozialen Bindung eine dominierende Rolle spielen sollte, aber es gibt nicht genügend Belege, um dies sicher zu beweisen.

Wenn wir im wirklichen Leben einen Verlust erleiden oder den Schmerz anderer erfahren, schüttet unser Körper Hormone wie Prolaktin und Oxytocin aus, die uns helfen, mit Frustration und Schmerz fertig zu werden. Als Reaktion auf diese Hormone fühlen wir uns ruhig, getröstet und unterstützt (Panksepp, 1995). Das Empfinden des durch Musik vermittelten Schmerzes oder die Erinnerung an unseren eigenen Schmerz können solche Veränderungen in unserem Körper hervorrufen. Das Leid, das Jungtiere erfahren, wenn sie von ihren Müttern getrennt werden, wird ebenfalls mit einem verminderten Endorphinspiegel in Verbindung gebracht (Nelson & Panksepp, 1998). Obwohl einige Studien darauf hindeuten, dass Prolaktin und Oxytocin Menschen dazu bringen, gerne traurige Musik zu hören, haben andere herausgefunden, dass das Hören von trauriger Musik den Prolaktinspiegel im Körper nicht erhöht. Daher gibt es keine genaue Aussage darüber, ob diese Theorie richtig ist oder nicht.

Nicht jeder Mensch erlebt Angst auf die gleiche Weise. Manche Menschen reagieren empfindlicher auf Angst und bestimmte Situationen oder Objekte können diese Emotion leichter auslösen. Angst ist eine emotionale Reaktion auf eine unmittelbare Bedrohung. Auch erwartete Bedrohungen oder sogar unsere Gedanken an eine potenzielle Gefahr können Angst auslösen. Ein Beispiel ist soziale Angst, die eine erwartete Angst vor sozialen Situationen beinhaltet, bei der Menschen in sozialen Situationen starke Angst und Furcht empfinden. Diese Art von Angst kann die Interaktionen mit anderen erschweren und das Leben der Betroffenen stark beeinträchtigen. Einige Emotionen wie Wut oder Scham werden von kulturellen und sozialen Faktoren beeinflusst (Brown, 2000).

Es gibt eine Überlegung, die mit der Erwartung zu tun hat. Wenn eine musikalische Erwartung erfüllt oder verletzt wird, bekommt man eine sich durch die Gänsehaut-Reaktion ausdrückende Emotion oder eine starke bzw. intensive Emotion (Sloboda, 1991; Konečni et al., 2007; Juslin, 2013A; Huron, 2006; Koelsch et al., 2006). Wenn ein Kind auf eine gewisse Art und Weise schreit, dann reagiert die Mutter darauf. Dies liegt am Trennungs-Angst System. Das Kind schreit, weil es Angst davor hat, den Kontakt zur Mutter zu verlieren. Unabhängig davon, ob es sich um das Trennungs-Angst-System oder um einen verstärkten sozialen Zusammenhalt handelt, sind diese Hypothesen auf Primaten und Menschen beschränkt und lassen sich nicht auf andere Spezies wie Papageien übertragen (Patel et al., 2009).

Die sensomotorische Synchronisation zu Musik kann nicht durch die Bindung zwischen Mutter und Kind erklärt werden. Bedeutsam ist, dass es keine systematischen Studien über die Häufigkeit, den zeitlichen Verlauf und die Intensität von Schreckreaktionen auf Trennungsrufe bei nichtmenschlichen Primaten gibt. Obwohl sie häufig zitiert werden, bleiben die Beweise für einen solchen Mechanismus daher anekdotisch und wissenschaftlich nicht belegt. Kurz gesagt, die Schlüsselfrage, die die evolutionäre Musikwissenschaft beantworten muss, ist die Frage nach den Vorteilen, die die Musik dem Menschen bringt und die die Selektion von Genen, die mit der Musikfähigkeit verbunden sind, ermöglichen. Obwohl die verschiedenen bestehenden Hypothesen zum Ursprung der Musik einige musikalische Phänomene mehr oder weniger gut erklären können, weisen sie immer noch erhebliche Mängel auf. Es wird eine umfassendere und integrierte Hypothese zum Ursprung der Musik benötigt (Merker et al., 2018). Der von einer Hypothese postulierte Selektionsdruck muss stark genug sein, um musikalisches Vergnügen zu evolvieren. Für die Neurobiologie musikalischer Emotionen ist der evolutionäre Forschungsansatz eine fruchtbare Richtung für die Zukunft (Peretz, 2011).

3.3 Einige weiterführende Überlegungen: Adaptation, biokulturelle Evolution, *Musilanguage* und Musik als *Sprandel*, Käsekuchen, technologische Innovation und dynamisches System

Panksepp (2010) ist der Meinung, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion ein evolutionäres Relikt sei. Gleichwohl stehen trotz der Dominanz der Adaptationstheorie viele Wissenschaftler dieser skeptisch gegenüber. Wenn Musik ein Produkt unseres Geistes wäre, dann sagte sogar schon Darwin, dass die Evolution den Ursprung des Geistes nicht erklären könne. Während die Musik ein wahrnehmbares Objekt ist, ein Auslöser für die Melancholie, die im Kopf des Zuhörers verweilt, ist sie auch der Fokus der Aufmerksamkeit und der Reaktion des Zuhörers, der die Entfaltung der Ausdruckskraft der Musik verfolgt. Der Zuhörer glaubt aber nicht, dass die Musik selbst ein Unglück oder Bedauern (oder irgendetwas anderes) enthält. Hanslick war der Meinung, dass Musik gar nichts mit Biologie zu tun habe und dass Musik selbst Musik sei. Für die Musikästhetik sei es unerheblich, ob Musik Emotionales oder Nicht-Emotionales ausdrücken könne (Hanslick, 1854). Die vielfältigen Formen und Funktionen der menschlichen Musik stellen Hindernisse für eine evolutionäre Rekonstruktion ihrer Ursprünge dar. Die Theorie Darwins bietet

eine anregende Erklärung für den Ursprung der Musik, aber es fehlen solide Beweise, wenn es um die Verbindung zwischen Musik und sexueller Selektion geht.

Wenn man Musik hört, kann man eine Vielzahl von Emotionen empfinden, ohne sich verbal mitteilen zu müssen. Es scheint, dass man mit seinen Gedanken einen Konsens erreichen kann. Über den Ursprung der Musik zu sprechen, ist eine sehr alte Fragestellung. Es gibt zwei wichtige Ansichten über den Ursprung der Musik, die derzeit allerdings umstritten sind: Einerseits handelt es sich um die Ansicht, dass die Entstehung von Musik im Zusammenhang mit dem Überleben und der Fortpflanzung des Menschen stehe. Andererseits wird die Ansicht vertreten, dass Musik nur eine Erfindung des Menschen sei. In einer Reihe empirischer Studien wurde Darwins Hypothese über die Evolution der Musikalität, die als die biologische Veranlagung des Menschen zur Verarbeitung von Musik definiert ist, überprüft. Musikalität ist eine Ansammlung von Fähigkeiten, die aufgrund der ihnen zugrunde liegenden Biologie unser musikalisch-kognitives Erleben und Verhalten hervorbringt und dieses bedingt (Honing, 2018; Ravignani, 2018). Es gibt jedoch Theorien, die Musik als ein kulturelles Produkt betrachten, das sich im Laufe der Geschichte verändert habe. Auch gibt es sowohl die Ansicht, dass Musik der Sprache vorausging als auch die umgekehrte Ansicht, dass Sprache der Musik vorausging.

Für Überlegungen hinsichtlich des Ursprungs von Musik werden neben der Adaptation noch andere Mechanismen in Betracht gezogen. Für die Evolutionsbiologie ist Adaptation die Grundlage. Jedoch ist dies nicht das einzige theoretisch relevante Konzept, um die Evolution der Fähigkeiten des Menschen zu erklären. Es gibt auch nicht-adaptive Prozesse. Manche Forscher behaupten, es reiche nicht aus, sich allein auf Adaptation zu beziehen, um die Entstehung von Musik und Musikalität zu erklären. Sie sind der Meinung, dass nicht-adaptive Überlegungen berücksichtigt werden müssten. Die Evolution bestehe auch aus nicht-adaptiven Faktoren wie der Exaptation. Die nicht-adaptive Perspektive liefert eine zusätzliche Erklärungsmöglichkeit. Eine nicht-adaptive Theorie vertritt die Auffassung, dass Musik keine rein biologische Eigenschaft, sondern eine Technologie sei (zum Beispiel: Patel, 2010, 2018). Die Architektur bietet ein Beispiel für Exaptation: die Spandrels. Es gibt Bögen in Gebäuden, die zur Stabilität beitragen und verhindern, dass die Struktur einstürzt. Zwischen diesen Bögen ergeben sich jedoch Dreiecke, die aus irgendeinem Grund als ästhetisch ansprechend empfunden werden. Diese ästhetische Empfindung kann genutzt werden, obwohl die Dreiecke durch Anpassung entstanden sind; sie sind selbst nicht-adaptiv, sondern haben sich aus anderen Gründen entwickelt. In der Biologie wird betont, dass die Evolution aus verschiedenen Faktoren besteht. Insgesamt tragen nicht-adaptive Prozesse ebenfalls zur Evolution bei.

Von einer biologischen Perspektive aus betrachtet, stellt sich die Frage, ob Musik heutzutage überhaupt noch einen Anpassungswert hat. Eine ähnliche Frage taucht auf: Warum helfen Menschen anderen Menschen? Aus einer rein darwinistischen Sichtweise könnte man erwarten, dass alle sich freuen würden, wenn es jemandem schlecht geht, da ein Wettbewerb um Ressourcen herrscht. Das altruistische Verhalten lässt sich jedoch auch biologisch erklären.

Die gleiche Fragestellung besteht auch bei der Musik: Hat Musik im Vergleich zu anderen Verhaltensweisen oder Phänomenen eine evolutionär adaptive Funktion? Häufig wird argumentiert, dass

Musik keine klare adaptive Funktion besitze. Daher stellt sich die Frage, warum Musik trotzdem in unserer Gegenwart existiert, wenn sie aus Sicht der natürlichen Selektion keine klare Funktion hat.

Ein Beispiel hierfür ist der Pfau, der bunte Federn besitzt. Diese Federn sind nicht nur unnötig für das Überleben, sondern aus evolutionärer Sicht kosten sie sogar Energie. Daher stellt sich die Frage, warum bestimmte Eigenschaften oder Verhaltensweisen existieren, die aus Sicht des Überlebens kostspielig und unnötig sind. Dieses Phänomen erfordert eine biologische Erklärung: Es handelt sich um die sexuelle Selektion. Oft wird angenommen, dass alles in der Biologie eine adaptive Funktion haben muss, aber es gibt auch nicht-adaptive Aspekte. Ein nicht-adaptiver Ansatz innerhalb der Evolution besagt, dass Musik ein Nebenprodukt der Sprache sein könne. Dieses Konzept ähnelt dem der „Spandrels von San Marco“ (Gould & Lewontin, 1979). Diese Idee bezieht sich auf architektonische *Spandrels*, die als Nebenprodukte der Bögen entstehen. Ähnlich könnte Musik aus der Art und Weise entstanden sein, wie das Gehirn auf akustische Reize reagiert, obwohl sie keine klare adaptive Funktion hat. Dieser Ansatz betont, dass nicht alle Phänomene zwangsläufig eine direkte Anpassungsfunktion haben müssten.

Ein weiterer nicht-adaptiver Ansatz argumentiert, dass Musik möglicherweise ein Nebenprodukt der Sprache sei. Zum Beispiel könnten Warnrufe bei Affen ursprünglich als Überlebensmechanismus gedient haben. Wenn sich jedoch bestimmte Warnrufe zu einer Art primitiver Sprache entwickelten, die nicht unbedingt eine klare Überlebensfunktion gehabt hätten, könne dies als nicht-adaptives Phänomen betrachtet werden. Musik könnte auf ähnliche Weise entstanden sein, basierend auf adaptiven Funktionen, die zweckentfremdet wurden, um ästhetischen Genuss zu bieten.

Es gibt unterschiedliche Meinungen bezüglich der adaptiven Bedeutung von Musik. Einige, wie Steven Pinker (1997), argumentieren, dass Musik aus biologischer Sicht überflüssig sei und keine direkte Funktion habe. Pinker vergleicht Musik mit einer *auditive cheese cake*, die keine klare Überlebensfunktion habe, sondern auf angenehme Weise die kognitiven und emotionalen Aspekte anspreche.

So gesehen sei Musik eine Mischung aus Freizeitdrogen, die über das Ohr eindrängen und uns stimulierten, so dass wir viel Freude empfänden. Natürlich sei Musik keine Droge, die einen bestimmten Geisteszustand hervorrufe. Sie sei eher vergleichbar mit Belohnungen (beispielsweise Essen, Sex und Geld), da angenehme Musik das Lust- und Belohnungssystem in unserem Gehirn aktiviere. Sie berühre, so wie Käsekuchen den Geschmackssinn berühre, bestimmte wichtige Teile des Gehirns auf äußerst angenehme Weise. Zu diesen wichtigen Teilen würden die Fähigkeit zu sprechen (mit der sich Musik in gewisser Weise überschneide), der auditorische Kortex, das System, das auf die emotionalen Signale reagiere, die enthalten seien, wenn eine Person schreie oder flüstere und das motorische Kontrollsystem gehören, das den Muskeln beim Gehen oder Tanzen Rhythmus verleihe. Nach Pinkers Analyse sei Musik deshalb so ansteckend für die menschliche Psyche, weil sie all diese mächtigen Systeme gleichzeitig stimuliere. Da sich aber jedes System aus unterschiedlichen Gründen entwickelt habe, könne man nicht sagen, dass Musik das Ergebnis einer evolutionären Anpassung sei. Sie sei eher mit der Fähigkeit, ein Dessert zu schmecken, zu vergleichen, weil die Geschmacksknospen stimuliert würden. Musik nutze lediglich die Fähigkeiten, die sich für diese Bereiche entwickelt hätten. Musik sei also ein Nebenprodukt der Evolution. Im Gegensatz zu Sprache,

Sehvermögen, sozialem Denken und physikalischem Wissen könne die Musik aus unserer Spezies verschwinden und der Rest unserer Lebensweise bliebe praktisch unverändert.

Trotz seiner Meinung, dass Musik ein auditiver Käsekuchen sei, verzichtet Pinker nicht auf eine biologische Position in Bezug auf geistige Fähigkeiten. Er ist der Meinung, dass Musik keinen adaptiven Wert habe und biologisch überflüssig sei. Zwar sei Musik selbst nicht-adaptiv zustande gekommen, allerdings sie nutze durch Zweckentfremdung andere adaptiv zustande gekommene Mechanismen. Insofern könne man aber ihre Entstehung in einem biologischen Kontext erklären. Deshalb unterscheidet Patel (2008) zwischen der kulturgeschichtlichen Evolution und der biologiebezogenen Evolution.

Patel (2010) stimmt mit Pinker darin überein, dass Musik kein Ergebnis adaptiver Prozesse sei und daher auch keine adaptive Funktion erfülle. Allerdings sei Musik aber biologisch wirkungsvoll. So zeige sich in Musiktherapien eine biologisch-physiologische Wirkung, indem beispielsweise Musik die Herzschlagrate senke und dadurch beruhigend wirke. Pinker behauptet dagegen, Musik bewirke biologisch gar nichts. Dies ist der Unterschied zwischen Patels und Pinkers Position hinsichtlich der biologisch-evolutionären Relevanz von Musik. Beide vertreten weiterhin im Kontext evolutionärer Überlegungen die Meinung, dass sie gewisse Verhaltensweisen und Funktionen als menschliche Erfindung auffassen. Patel ist der Meinung, dass Musik eine Technologie sei, die eingesetzt werden könne, um Tanzveranstaltungen zu machen oder um Einfluss auf psychische Zustände zu nehmen. Die biologisch-physiologischen Wirkungen träfen allerdings für das Individuum und seine Ontogenese, d. h. dessen Lebenszeit, zu. Eine adaptive Funktion für die Gattung – also für den Menschen als Gattungswesen – habe die Musik aber nicht. Jetzt stellt sich die Frage, ob eine Technologie eine evolutionäre Auswirkung haben könne oder nicht. Der Gebrauch des Feuers fürs Kochen wird als evolutionär wirkungsvolle Technologie verstanden. Zwar ist nach Patel Musik eine Technologie, aber diese sei evolutionär nicht wirkungsvoll, sondern nur biologisch-physiologisch.

Diese skizzierte Debatte zeigt, wie unterschiedlich adaptive und nicht-adaptive Perspektiven die Betrachtung von Phänomenen beeinflussen können. In der Debatte über die adaptive und nicht-adaptive Eigenschaft der Musik wird nicht nur die Sprache der Musik gegenübergestellt, sondern auch der Mensch dem Tier. Dies vor allem in Bezug auf die Frage, ob Tiere die gleichen musikalischen Fähigkeiten haben wie der Mensch. Ein Argument ist, dass der Mensch durch die Evolution so geformt wurde, dass er über musikalische Fähigkeiten verfüge. Andere dagegen argumentieren, dass musikalische Fähigkeiten nicht das Ziel der natürlichen Auslese seien und dass Tiere nicht von Natur aus Musik produzierten. Wenn also Tiere Fähigkeiten als Teil der menschlichen Musik erwerben könnten, dann würde dies darauf hindeuten, dass solche Fähigkeiten nicht Teil einer musikalischen Anpassung seien und dass Musik den alternativen Einsatz von anderen adaptiven kognitiven Fähigkeiten widerspiegele. Eine Möglichkeit, diese Debatte aufzulösen, besteht darin, die musikalische Kognition in ihre potenziellen Komponenten zu zerlegen und zu bestimmen, ob diese Komponenten von Natur aus menschen- und musikspezifisch sind. Mit diesem Ansatz kann die Tonhöhenwahrnehmung ohne natürliche Selektion erklärt werden (Justus & Hutsler, 2005; McDermott & Hauser, 2005).

Andere Forscher haben spezielle kognitive Module postuliert, die für musikalische Funktionen zuständig seien. So vertritt Peretz (1993, 2006, 2012) in ihrer Forschung über angeborene und erworbene Taubheit die Position, dass es ein angeborenes musikspezifisches Modul zur Verarbeitung von Tonhöhen gebe, was darauf hindeute, dass Musik so natürlich wie Sprache sein könne (Peretz, 2006). Patel behauptet, dass Musik eine mächtige transformative Geistestechnologie (*transformative technology of the mind*) sei (Patel, 2008, S. 400-401). Patel erörtert, wie musikalische Erfahrungen zu langfristigen Veränderungen der Gehirnstruktur und -verarbeitung führen können (z. B. durch neuroendokrine Effekte). Interessanterweise stellt er auch fest, dass das Phänomen des *babbling*, die Anatomie des menschlichen Vokaltrakts und die Fixierung des FOXP2-Gens auf eine anfängliche Unterstützung für Sprache und stimmliche Lernen hindeuten könnten (Patel, 2008, S. 371–372). Da sich die Sprache beim Menschen jedoch schneller und gleichmäßiger zu entwickeln scheint und das Fehlen musikalischer Fähigkeiten nicht mit erheblichen biologischen Kosten verbunden zu sein scheint, sind diese Faktoren seiner Meinung nach eher geeignet, den adaptiven Status der Sprache zu unterstützen. Kurz gesagt: Er argumentiert, dass die musikalische Verarbeitung ein Nebenprodukt der kognitiven Mechanismen sei, die für Sprache und andere Formen des komplizierten stimmlichen Lernens (*vocal learning*) ausgewählt wurden (Patel, 2006, 2010, 2012).

Diese Behauptungen wurden von denjenigen in Frage gestellt, die argumentieren, dass sie eine recht enge Sichtweise dessen widerspiegeln, was Musikalität bedeute. Beispielsweise die Annahme, dass musikalische Aktivitäten notwendigerweise besondere Formen des Trainings erforderten, oder die Annahme, dass Musik ein Genussprodukt sei, das bei Konzerten oder durch Aufnahmen konsumiert werde (Small, 1999; Cross, 2003, Cross & Morley, 2010; van der Schyff, 2013; Honing et al., 2015). Diesbezüglich hat die musikethnologische und soziologische Forschung gezeigt, dass musikalische Aktivitäten weltweit von zentraler Bedeutung für das menschliche Wohlbefinden sind: Sie sind untrennbar mit Spiel, sozialem Leben, Religion, Ritualen, Politik, Therapie usw. verbunden (Blacking, 1973, 1995; Nettl, 1983, 2000; DeNora, 2000). Darüber hinaus werde Musik in vielen Kulturkreisen oft in Form von Improvisationen realisiert und musikalische Fähigkeiten würden von früher Kindheit an erworben und entwickelten sich schnell, oft ohne formale Anleitung (Blacking, 1973; Cross, 2003; Solis & Nettl, 2009). Es wurde auch argumentiert, dass bestimmte musikalische Defizite fast völlig unbemerkt bleiben könnten, da bestimmte körperliche und kognitive Defizite das Überleben und Wohlbefinden in modernen westlichen Gesellschaften nicht behindern müssten (van der Schyff, 2013). In ähnlicher Weise erstreckt sich die Bedeutung der Musik für das menschliche Überleben über die gesamte Evolutionszeit, und es wird angenommen, dass sie für die Bindung zwischen Säuglingen und Pflegepersonen sowie zwischen Mitgliedern sozialer Gruppen wichtig sei (Panksepp, 1995; Benzon, 2001; Tolbert, 2001; Dissanayake, 2010; Dunbar, 2012). Der Prozess der musikalischen Entwicklung scheint schon früh im Leben zu beginnen (Parncutt, 2006). Forscher haben die allgegenwärtige und scheinbar intuitive Art und Weise aufgezeigt, in der Pflegepersonen durch prosodische Merkmale des Sprechens und Wiegenlieder musikalische (oder musikähnliche) Umgebungen für Kleinkinder schaffen (Dissanayake, 2000; Trehub, 2003; Falk. 2004). In diesem Sinne geht Trevarthen (2002) davon aus,

dass Menschen eine angeborene kommunikative Musikalität (*communicative musicality*) besäßen, die der intersubjektiven Verbindung für soziale Lebewesen wie dem Menschen diene (Malloch & Trevarthen, 2010).

Es gibt auch die Meinung, dass das breite Spektrum an Aktivitäten, die mit dem Begriff Musik in Verbindung gebracht werden, einen direkten und tiefgreifenden Einfluss auf das Überleben und die Sozialisation vieler Völker auf der ganzen Welt gehabt haben könne, wie es auch bei unseren prähistorischen Vorfahren der Fall gewesen sein könne (Blacking, 1973; Mithen, 2005). Die archäologischen Aufzeichnungen zeigen Beweise für musikalische Aktivitäten und Instrumente, wie zum Beispiel Knochenflöten, die mindestens 40 000 Jahre zurückreichen (Higham et al., 2012; Morley, 2013). Dieser Befund hat zur Weiterentwicklung der Theorie der Musiksprache (*musilanguage*) beigetragen, die von Mithen (2005) und anderen (z. B. Brown, 2000) aufgestellt wurde. Diese geht davon aus, dass sich Musik und Sprache aus einem proto-musikalischen Vorläufer entwickelt hätten, der sich als Ergebnis eines Selektionsdrucks entwickelt habe, der komplexere Formen des Sozialverhaltens begünstigte, z. B. verbesserte Arten der Kommunikation im Zusammenhang mit der Nahrungssuche und der Jagd, dem Wettbewerb um Partner, dem erhöhten Zeitaufwand für die Kindererziehung (Fernpflege) und komplexeren Formen koordinierter Gruppenaktivitäten (Dunbar, 1996, 2003, 2012; Cross, 1999, 2003; Falk, 2000, 2004; Balter, 2004; Bannan, 2012). Es wird auch vermutet, dass musikalisches Verhalten die Entwicklung der gemeinsamen Intention und der *Theory of Mind* (ToM) des modernen Menschen erleichtert haben könne, was wiederum die rasche Entwicklung der kulturellen Evolution und die Entstehung der modernen menschlichen Kognition ermöglichte (Tomasello, 1999; Tomasello et al., 2005).

Im Gegensatz zu Pinkers ‘Käsekuchen-Theorie’ existiert die Musik seit mindestens zehntausenden von Jahren und war in fast allen menschlichen Zivilisationen präsent. Daher halte Pinkers Käsekuchen-Theorie über die Ursprünge der Musik der Herausforderung ihrer zeitlichen und räumlichen Tiefe nicht stand (Huron, 2001). Darüber hinaus könnten die Teilnehmenden bei musikalischen Aktivitäten leicht Feinden oder Wölfen ausgesetzt werden, ihr Energieverbrauch könne sich erhöhen und die Teilnahme sogar zur Erschöpfung führen. Wenn Musik keinen positiven Wert hätte, würde sie wahrscheinlich von der menschlichen Gesellschaft aufgrund ihrer negativen Auswirkungen abgelehnt, anstatt übernommen und gefördert zu werden (Fitch, 2006). Einige Psychologen sind der Meinung, dass die Fähigkeit, Musik wertzuschätzen, nicht zufällig entstanden sei. Obwohl sie unterschiedliche Ansichten vertreten, finden sie Unterstützung in der Stimulusvergnügungstheorie (Zatorre, 2018). Diese besagt, dass die Freude und das Vergnügen, die Menschen bei der Nahrungssuche und bei der Partnersuche empfinden, das Ergebnis einer intensiven natürlichen Selektion bei unseren Vorfahren seien. In ähnlicher Weise könne auch Musik, ähnlich wie Essen und Sex, das menschliche Belohnungssystem aktivieren (Blood & Zatorre, 2001).

Auf dieser Grundlage bieten mehrere Wissenschaftler (Cross, 1999, 2001, 2003; Killin, 2013, 2016A; van der Schyff, 2013; Currie & Killin, 2016) einen alternativen biokulturellen Ansatz für die Natur und den Ursprung der menschlichen Musikalität an: Die Entscheidungsfrage, ob die Biologie oder die Kultur die Notwendigkeit komplexer kognitiver Funktionen tiefgreifender menschlicher sozialer und universeller Aktivitäten (z. B. Musik) erklären sollte, wird durch eine Sichtweise ersetzt, die beide integriert. Cross

(1999) schlägt beispielsweise vor, die Musikalität als eine kognitive Fähigkeit zu betrachten: Sie entspringe einer grundlegenderen menschlichen Veranlagung, Relevanz und Bedeutung in unseren Interaktionen mit der Welt zu finden. Aufgrund ihrer vielfältigen potenziellen Bedeutungen und ihrer fließenden Intentionalität (*floating intentionality*) sei Musik ein Mittel zur Erkundung sozialer Aktivitäten in einem risikofreien Umfeld, das die Entwicklung von Fähigkeiten für verkörperte Erfahrungen und die (Mit-)Erschaffung von Bedeutung und Kultur in verschiedenen Bereichen ermögliche (Cross, 1999, 2003).

Die Studien haben gezeigt, dass sich biologische und kognitive Prozesse auf verschiedenen Ebenen in Wechselwirkung mit der Umwelt entwickeln. Zum Beispiel spielen genetische Faktoren eine zentrale Rolle bei der Genexpression, während gleichzeitig kognitive Prozesse wie Lernen, Gedächtnisbildung und Wahrnehmung von der Umwelt beeinflusst werden. Des Weiteren werden neuronale Verbindungen im Gehirn sowohl durch genetische als auch durch Umweltfaktoren geformt und moduliert (Sur & Leamey, 2001; Uttal, 2001; Lickliter & Honeycutt, 2003; Panksepp, 2009). Das Verständnis des Gehirns und des Verhaltens als lineare Systeme, die in diskrete Module und entsprechende Funktionen zerlegt werden können, wird nach und nach durch eine plastischere und nicht-lineare dynamische interaktive Sichtweise ersetzt. Diese Erkenntnisse haben zu der wachsenden Ansicht geführt, dass musikalische Kognition das Ergebnis nicht-modularer kognitiver Entwicklungsprozesse sei, die durch eine allgemeinere Tendenz zu koordinierten Formen des Sozialverhaltens angetrieben würden (Trehub, 2000; Trehub & Nakata, 2001-2002; Trehub & Hannon, 2006).

In diesem Zusammenhang stellen van der Schyff und Schiavio eine dynamische Systemtheorie vor, die biologische und kulturelle Dimensionen als Aspekte desselben evolutionären Systems betrachtet (van der Schyff & Schiavio, 2017). Dabei gehen sie von einer tiefgreifenden Kontinuität zwischen psychischen Vorgängen und Lebensprozessen aus. Kognitive Prozesse werden in Hinblick darauf erforscht, wie sich selbstorganisierende lebende Systeme zu ihrer Umwelt verhalten, die für ihr Überleben und Wohlbefinden relevant ist. Sie (van der Schyff & Schiavio, 2017) behaupten, dass die Konkretisierung der Lebewesen und die Natur der ökologischen Umwelt sowie die aktive Rolle, die sie in ihrer eigenen Entwicklung spielen, relevant sei. Wichtig ist die Feststellung, dass kognitive und evolutionäre Prozesse von einer Reihe interagierender Faktoren angetrieben werden, zu denen auch sozio-kulturelle Aktivitätsformen gehören, die das Leben komplizierter Organismen, wie z. B. des Menschen selbst, kennzeichnen. Hier wird die Entstehung der Musik nicht in einen streng anpassungstheoretischen Rahmen gestellt. Vielmehr wird sie als ein neues Phänomen betrachtet, das Zyklen der Interaktion mit der sozialen und physischen Umwelt beinhaltet. So wurde beispielsweise argumentiert, dass Gehirnregionen, die wie das Broca-Areal und die Syntax scheinbar durchgängig mit bestimmten Prozessen assoziiert seien, große Bereiche der Großhirnrinde umfassten, die in der Tat mehrere sich überschneidende oder ineinander greifende Netzwerke entwickeln könnten, deren vielfältige Funktionen mit der weiteren Verfeinerung der bildgebenden Verfahren immer mehr plastische überlappende Areale auswiesen (Hagoort, 2005; Poldrack, 2006; Tettamanti & Weniger, 2006; Grahn, 2012).

4 Die Musikwahrnehmung im Sinne einer Gänsehaut-Reaktion

Die Idee, Musik als emotionale Sprache und Medium zum Ausdruck von Emotionen zu verstehen, wurde im 18. Jahrhundert entwickelt. Heute versucht die musikalische Grundlagenforschung, die Musiktheorie als Teil einer wissenschaftlichen Theorie des Geistes zu entwickeln (Seifert, 2011). Sie ist daher ein Unternehmen der Kognitionswissenschaft oder der Neurowissenschaft der Musik, wobei sich die Forschung in der kognitiven Neurowissenschaft der Musik auf den individuellen Geist oder das musikverarbeitende Gehirn bezieht. Das Hören von Musik bis zum Auslösen einer Gänsehaut-Reaktion ist ein unmittelbares Ereignis, aber der Prozess ist äußerst komplex. Hier sind die Methoden der Kognitionswissenschaft für die Musikpsychologie von besonderer Bedeutung. Eine der wichtigsten Disziplinen der Kognitionswissenschaft ist die Linguistik. Generativität ist ein zentraler Forschungsgegenstand sowohl der Musik- als auch der Sprachforschung. Sowohl Musik als auch Sprache bestehen aus Grundeinheiten, aus denen eine Vielzahl von Kombinationen gebildet werden können. Die Grundeinheiten der Sprache sind Phoneme und die der Musik sind Töne (Jentschke & Koelsch, 2010). In der Musikpsychologie werden auch viele der in der Sprachpsychologie verwendeten Methoden eingesetzt. Dieses Kapitel konzentriert sich exemplarisch auf den neurokognitiven Forschungsansatz von Stefan Koelsch. Durch ein Verständnis der Musikwahrnehmung ist es möglich, nicht nur zu sehen, welche Merkmale für die Wahrnehmung wichtig sind, sondern vor allem auch, wie wir Musik wahrnehmen, wenn wir beim Musikhören eine Gänsehaut-Reaktion bekommen.

Psychologische Forschungen zu Musik und Emotionen versuchen zu klären, wie und warum wir emotionale Reaktionen auf Musik erleben und wie und warum wir musikalische Ausdrucksformen von Emotionen erleben (Juslin & Sloboda, 2001). Diese Forschungen befassen sich mit dem musikalischen Ausdruck. Sie gehen beispielsweise Fragen nach, wie Komponisten Emotionen in Musik repräsentieren, oder wie Interpreten Emotionen durch Musik ausdrücken, wie und warum Zuhörer bestimmte Emotionen erleben und nicht andere Emotionen, wie Interpreten Emotionen erleben, wenn sie spielen und wie diese Emotionen den Zuhörern vermittelt werden, wie die Zuhörer die vom Komponisten oder Interpreten ausgedrückten Emotionen aufnehmen. Das Hören eines Musikstücks, auch wenn es vielleicht nur kurz ist, beinhaltet viele verschiedene Mechanismen zu verschiedenen Zeiten, wie musikalischer Ausdruck, musikalische Erregung, musikalische Wahrnehmung, emotionale Beurteilung, emotionale Reaktion. Jedes dieser Phänomene kann als ein eigenes System beschrieben werden, das viele Komponenten hat, so beinhaltet die musikalische Wahrnehmung, eine komplexe akustische Analyse, das auditive Gedächtnis, die auditive Szenenanalyse (Koelsch, 2005B) und die Verarbeitung von musikalischer Syntax und Semantik (Koelsch, 2005; 2011). Darüber hinaus kann die Musikwahrnehmung die Stimmung beeinflussen, auf das autonome Nervensystem, die Hormone und auf das Immunsystem einwirken sowie (prä-)motorische Repräsentationen aktivieren (Koelsch & Siebel, 2005). Mit anderen Worten: Die Entstehung einer Emotion mag wie ein momentanes Ereignis erscheinen, aber sie ist unglaublich reichhaltig. Die neurokognitive Forschung geht inzwischen

immer detaillierter vor, so dass wir immer besser sehen können, woran unser Gehirn in einem einzigen Moment sowohl psychisch als auch physiologisch beteiligt ist.

Was das Verhältnis zwischen Wahrnehmung und Kognition betrifft, so ergibt sich die Wahrnehmung, einfach ausgedrückt, aus den äußeren Reizen, die von den Organen des Körpers aufgenommen werden. Die Kognition wird im Allgemeinen als das Ergebnis des Denkens des Gehirns bzw. des menschlichen Geistes betrachtet. Die Frage, woher die Wahrnehmung oder der Geist kommen, kann nicht beantwortet werden. Daher konzentriert sich das Interesse darauf, zu verstehen, wie die Wahrnehmung funktioniert. Im Gegensatz zu der alten Auffassung, dass Entscheidungen entweder rational oder emotional sein können und dass sich die Kognitionswissenschaft in erster Linie mit rationalen Entscheidungen befasst, hat sich die Ansicht durchgesetzt, dass selbst rationale Entscheidungen von Natur aus emotional sind (Thagard, 2005; Damasio, 1997) und dass es bei der Wahrnehmung nicht in erster Linie um das Sammeln von Informationen geht, sondern um die Steuerung von Handlungen, d. h. sich aktiv mit der Umwelt auseinanderzusetzen (Chemero, 2009).

Die Kognitionswissenschaft hat wissenschaftshistorisch betrachtet Emotionen vernachlässigt und sich stattdessen auf die Erforschung nicht-emotionaler Prozesse wie Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Handlung, Problemlösung und mentale Vorstellungskraft konzentriert. Dadurch entstand eine künstliche Trennung zwischen kognitiver Neurowissenschaft und affektiver Neurowissenschaft, obwohl sich die Prozesse in den Mechanismen oft überschneiden. In der Tat kann die affektive Neurowissenschaft, wenn kognitive Fähigkeiten im weiteren Sinne betrachtet werden, als „emotionale kognitive Neurowissenschaft“ angesehen werden. Diese Unterscheidung ist daher nicht wirklich gerechtfertigt (Panksepp, 2004; Damasio, 1997).

Juslin und Kollegen (Juslin et al., 2004) haben gesagt, dass es wichtig sei, zwischen der Erregung von Emotionen und dem Ausdruck und der Wahrnehmung von Emotionen zu unterscheiden, da die beteiligten Emotionen je nach Prozess unterschiedlich sein könnten. Die Musikwahrnehmung ist ein Teilbereich der Wahrnehmungslehre: Wenn wir zum Beispiel einen Donnerschlag hören, wissen wir, dass vorher ein Blitz eingeschlagen ist, auch wenn wir den Blitz nicht gesehen haben. Dies ist unsere Erfahrung, die man auch als „Wahrnehmung“ bezeichnen kann. Kahneman (2012) unterteilt in seinem Buch „*Thinking Fast and Slow“* die Art und Weise, wie das Gehirn arbeitet, in schnelles und langsames Denken. Schnelles Denken beruhe auf intuitiven auf Erfahrung basierenden Urteilen, während langsames Denken auf Argumentation und Urteilsvermögen basiere.

Musikwahrnehmung ist ein dynamischer Prozess, bei dem das Gehirn Schall verarbeitet: „*Music perception is a dynamic process firmly rooted in the natural disposition of sounds and the human auditory and motor system*.“ (Maes, et al., 2014, 2016). Die Musikwahrnehmung wird oft als etwas Anderes als die allgemeine Schallwahrnehmung angesehen, weil Lieder und Instrumentalstücke ein bestimmtes Merkmal aufweisen, das andere Arten von Klängen nicht haben. Die Musikalität ermöglicht es dem Gehirn, gewisse Schallereignisse als Musik zu interpretieren. Kurz gesagt, so wie unser Gehirn von Natur aus von Dingen angezogen wird, die ein Muster aufweisen, verfügt auch unser Gehirn über die Fähigkeit zur Erkennung

musikalischer Muster. Die Anwendung bildgebender Verfahren auf Menschen, die Musik hören, hat Aktivitätsbereiche gezeigt, die sich von denen von Menschen unterscheiden, die andere Klänge hören (Tekman & Bharucha, 1992). Viele Studien zur Musikwahrnehmung haben versucht, die genaue Bedeutung von Musik zu definieren und zu klären, ob diese Bedeutung unabhängig von der Musik existiert, wenn niemand sie hört.

Die Konzepte der emotionalen Erregung, des emotionalen Ausdrucks, der emotionalen Wahrnehmung mögen sehr ähnlich erscheinen, aber sie sind alle unterschiedlich. Es gibt zwei Arten von mit Musik in Verbindung stehenden Emotionen: diejenigen, die der Komponist durch die Musik ausdrücken möchte und diejenigen, die die Musik selbst beim Zuhörer hervorruft. Bei einem langsamen Stück in Moll zum Beispiel können wir uns bewusst sein, dass das Stück eine traurige Emotion ausdrückt, genauso wie wir ein trauriges Gesicht sehen und vermuten können, dass der Besitzer des Gesichts in einem traurigen Zustand ist. Aber das ist etwas Anderes als die Frage, ob wir selbst in der gleichen Emotion sind. Ersteres ist unsere Wahrnehmung der emotionalen Zustände anderer, die unsere kognitive Repräsentation und die Wahrnehmung externer Hinweise einschließt, während letzteres die Erzeugung von Emotionen ist, die wir in uns selbst erleben. In philosophischen Diskussionen über musikalische Emotionen[38] wird ersteres als „Kognitivismus“ und letzteres als „Emotivismus“ bezeichnet (Kivy, 1989).

In der frühen Literatur über musikalische Emotionen wurde die Unterscheidung zwischen diesen beiden Quellen von Emotionen oft nicht getroffen, was den Vergleich empirischer Daten erschwerte (Konečni, 2008; Meyer, 1956; Rigg, 1964; Scherer & Zentner, 2001; Zentner et al., 2008). Die überwiegende Mehrheit der Literatur, die mündliche Berichte der Probanden als Messinstrument verwendet, insbesondere in Studien aus den 1990er Jahren, misst musikalische Emotionen als wahrgenommene Emotionen und nicht als evozierte, erlebte oder gefühlte Emotionen (Gabrielsson & Lindström, 2001; Hevner, 1936; Rigg, 1964; Wedin, 1972). Obwohl die von uns wahrgenommenen Emotionen durch den Effekt der emotionalen Ansteckung (Juslin, 2013A) mehr oder weniger Teil der von uns empfundenen Emotionen werden, scheint es sowohl aus theoretischen als auch aus forschungspraktischen Gründen immer wichtiger zu werden, zwischen den beiden Kategorien von Emotionen zu unterscheiden, die durch musikalisches Material im Vergleich zu anderen emotionalen Reizen ausgelöst werden (Gabrielsson, 2002; Scherer & Zentner, 2001). Einige Studien weisen auf Unterschiede zwischen diesen beiden Arten von emotionalen Reaktionen hin: Hörer berichten eine Reihe positiver und negativer Emotionen, wenn sie die von der Musik ausgedrückten Emotionen bewerten, d. h. emotionale Wahrnehmungsurteile für dieselbe Stichprobe von Musikstimuli, aber nur wenige negative Urteile, wenn sie die Emotionen bewerten, die sie beim Hören der Musik empfinden, d. h., sie geben emotionale Bewertungen ab (Zentner et al., 2008). Hörer neigen dazu, die Intensität der in der Musik ausgedrückten Emotionen höher einzuschätzen als die Emotionen, die sie beim Hören der Musik empfinden (Konečni et al., 2008). Da Musik als ein Phänomen betrachtet wird, das nur durch auditive Wahrnehmung erfahren werden kann, berichten viele Psychologen,

[38] Musikalische Emotionen: “*This term is used only as a short term for ‘emotions that were somehow induced by music’, without any further implications about the precise nature of these emotions*.” (Juslin, 2013A, S. 236).

dass Menschen Musik nur dann wirklich empfinden, wenn sie sie hören. Die Untersuchung der Musikwahrnehmung wird häufig in verschiedene Bereiche unterteilt, die die Reaktion des Gehirns auf Tonhöhe, Melodie, Harmonie und Rhythmus betreffen. Verschiedene Faktoren, wie z. B. der kulturelle Hintergrund und die natürliche Sensibilität für Klangveränderungen, können beeinflussen, wie verschiedene Menschen die Nuancen eines bestimmten Musikstücks wahrnehmen. Das heißt, es gibt zwar eine Übereinstimmung zwischen den in der Musik ausgedrückten Emotionen und den von den Zuhörern wahrgenommenen Emotionen, aber es gibt auch Verzerrungen. Viele Studien haben häufig über positive emotionale Reaktionen auf Musik berichtet, die negative Emotionen ausdrückt (Gabrielsson, 2002; Kallinen & Ravaja, 2006).

In der Fachliteratur wird vielfach berichtet, dass sich Hörerinnen und Hörer sehr stark mit der Art der Emotion identifizieren, die in einem bestimmten Stück oder sogar in einem bestimmten Moment oder Abschnitt ausgedrückt wird, was ein deutlicher Hinweis auf die Fähigkeit der Musik ist, emotionale Bedeutung zu vermitteln. Viele Forscher (Gabrielsson & Juslin 1996; Juslin & Laukka 2003; Juslin & Sloboda, 2010). Juslin, 2013B) argumentieren beispielsweise, dass die Musikwahrnehmung als der Prozess des Verstehens der Bedeutung von Klängen beschrieben werden könne, dass die Erforschung der Musikwahrnehmung ein weites Feld sei und dass es verschiedene Ansätze zur Erforschung der Musikwahrnehmung gebe, wie z. B. die Betrachtung der Musik als Ganzes oder die separate Untersuchung der einzelnen Elemente der Musik sowie die Untersuchung der Musikstruktur und der Beziehung zwischen Struktur und Struktur.

Die ökologische Sichtweise von Klang und Emotion bildet die Grundlage für eine große Anzahl psychologischer Mechanismen zur Erklärung der emotionalen Reaktion auf Musik. Frühholz und Kollegen (Frühholz et al., 2016) betrachten das Verständnis von Musik als bloße Wahrnehmung von Beziehungen und nicht als Untersuchung des musikalischen Wesens und argumentieren, dass die Suche nach dem musikalischen Wesen für Musik in einem bestimmten Kontext bedeutungslos sei und dass die Bedeutung von Musik durch ihre Beziehung zu anderen Faktoren im Kontext bestimmt werde. Kurz gesagt: Musik kann nicht wahrgenommen und beschrieben werden, wenn sie nicht zu einer musikalischen Struktur wird. Bei der Wahrnehmung geht es um die Beschreibung. Diese setzt aber wiederum die Wahrnehmung voraus. Diese dialektische Beziehung im Bereich der Musik besteht zwischen der Wahrnehmung der Struktur der Musik und der Beschreibung der Struktur der Musik. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass die Wahrnehmung des Wesens und der Struktur von Musik und die Beschreibung des Wesens und der Struktur von Musik zwei völlig verschiedene Dinge sind. Wenn das Wesen der Musik der Gegenstand der Wahrnehmung und Beschreibung ist, dann wird davon ausgegangen, dass die Musik ein Wesen hat, das wahrgenommen und beschrieben werden kann. Was wahrgenommen und beschrieben werden kann, ist aber nur die Struktur der Musik und deren innere Beziehungen.

Tatsächlich ist die Wahrnehmung und Beschreibung von Musik bei jedem Menschen voreingenommen. Diese Voreingenommenheit wirkt sich stark auf die Musik selbst aus, die wahrgenommen und beschrieben wird. Es ist daher unmöglich, ein bestimmtes Musikstück völlig objektiv wahrzunehmen

und zu beschreiben, denn der Wahrnehmung und Beschreibung durch einen Menschen liegt eine Interpretation zugrunde, so dass die Beziehung zwischen dem Wahrnehmenden und dem Beschreibenden und der Musik wichtig wird – diese Beziehung ist das einzige, was wahrgenommen werden kann.

In seiner BRECVEM-Theorie bezieht sich Juslin auf C (emotionale Ansteckung; *emotional **c**ontagion*)[39]. Er erklärt, obwohl individuelle Hintergründe, Kulturen und Erfahrungen möglicherweise einen gewissen Einfluss auf emotionale Erfahrungen haben können, können spezifische Elemente der Musik und emotionale Ausdrücke oft universelle emotionale Reaktionen auslösen und dazu führen, dass verschiedene Menschen ähnliche emotionale Erfahrungen machen (Juslin, 2013A). Wenn wir beispielsweise ein weinendes Kind sehen, ist es leicht zu erkennen, dass es sich in einem traurigen Zustand befindet. Die Traurigkeit, die wir bei dem Kind wahrnehmen, lässt uns traurig werden und dann wird unsere eigene Traurigkeit durch emotionale Ansteckung zu einer gefühlten Emotion. Dies wurde in der Psychologie und Ästhetik auch unter dem Gesichtspunkt der Empathie (Pigman, 1995) viel diskutiert. Mit der Entdeckung der Spiegelneuronen wurde eine mögliche physiologische Grundlage für die emotionale Ansteckung oder Empathie gefunden (Di Pellegrino et al., 1992).

Spiegelneurone sind in vielen Diskussionen über soziales und kulturelles Verhalten weit verbreitet (Keysers & Gazzola, 2006). Sie spielen eine wichtige Rolle, indem sie dazu beitragen, wahrgenommene Emotionen in der Musik zu vermitteln. Jedoch stellen sich dabei einige Herausforderungen, da die Hinweise, die zur Übertragung dieser Emotionen beitragen, oft nicht direkt mit den Muskelgruppen verbunden sind, die normalerweise verwendet werden, um Emotionen auszudrücken. Trotz der Bemühungen vieler Wissenschaftler, Spiegelneurone zu nutzen, um die Übertragung von Emotionen in der Musik zu erklären (Juslin & Västfjäll, 2008; Molnar-Szakacs & Overy, 2006), ist die Übersetzung von wahrgenommenen Emotionen in gefühlte Emotionen in der Musik nicht so einfach zu erklären. Dies gilt insbesondere, wenn der Zuhörer nicht die körperlichen Bewegungen des Musikers sehen kann, die oft als Hinweis für die Übertragung von Emotionen dienen.

Im Allgemeinen beziehen sich die musikalischen Emotionen auf die strukturellen Merkmale der Musik (Tonalität, Tonumfang, Harmonie, Instrumentierung, Tempo usw.), die der Komponist durch sein Werk zum Ausdruck bringt und auf die Emotionen, die der Interpret durch seine Interpretation des musikalischen Werkes zum Ausdruck bringt, d. h. die Emotionen, die vom Zuhörer wahrgenommen werden können (Gabrielsson & Juslin, 1996). Auf der Ebene der musikalischen Komposition ist es ein gut erforschtes und berichtetes Phänomen, dass Dur-Tonarten heitere und fröhliche bzw. und Moll-Tonarten düstere Gefühle hervorrufen (Crowder, 1984; Dalla Bella et al., 2001; Gagnon & Peretz, 2003. Gerardi & Gerken, 1995; Gregory et al., 1996; Heinlein, 1928; Hevner, 1935; Husain et al., 2002; Kastner & Crowder, 1990. Scherer & Oshinsky, 1977). Die Tonalität steht auch in Wechselwirkung mit anderen Faktoren, um die emotionale Wahrnehmung zu beeinflussen (Dalla Bella et al., 2001; Gagnon & Peretz, 2003; Husain et al., 2002; Kastner & Crowder, 1990; Webster & Weir, 2005). Auf der Ebene der Aufführung sind die meisten

[39] C steht hier für *Contagion* und bezieht sich auf den Prozess, bei dem Emotionen durch soziale Interaktion und Kommunikation zwischen Individuen übertragen werden. Dieser Prozess der emotionalen Ansteckung kann dazu führen, dass Menschen ähnliche emotionale Zustände erleben und ausdrücken wie diejenigen, mit denen sie interagieren.

Musiker der Meinung, dass es für den Interpreten am wichtigsten sei, Gefühle oder Emotionen in der Musik auszudrücken (Laukka, 2004), was an sich schon bedeutet, dass der Ausdruck von Emotionen in der Musik vom Zuhörer leicht wahrgenommen und bewertet werden kann. Einige Studien legen nahe, dass Zuhörer zumindest vier grundlegende Emotionen, die der Interpret zu vermitteln beabsichtigt, recht zuverlässig erkennen kann: Freude, Traurigkeit, Wut und Angst (Juslin, 2000; Juslin & Laukka, 2003). Diese Erkennungsleistung kann mit der emotionalen Intelligenz des Zuhörers zusammenhängen (Goleman. 1998; Mayer & Salovey, 1993; Resnicow et al., 2004), nicht aber mit dem musikalischen Hintergrund (Juslin, 1997). Dies bedeutet im Allgemeinen, dass Menschen, die sensibel genug für Hinweise auf emotionale Ausdrucksformen außerhalb der Musik sind, auch ohne formale musikalische Ausbildung durchaus in der Lage sein können, zu beurteilen, was ein Interpret mit einem Stück zu vermitteln versucht.

Hypothetische Mechanismen zur Erzeugung von Emotionen ähneln Sensoren (Reisenzein, 2009). Doch anstatt die Welt zu erfassen, nehmen sie den Zustand des Glaubens-Wunsch-Systems wahr und signalisieren wichtige Veränderungen in diesem System, insbesondere die Befriedigung und Enttäuschung von Wünschen sowie die Bestätigung und Enttäuschung von Überzeugungen. Da Emotionen Informationen über den Zustand des Repräsentationssystems in nicht-begrifflicher Form darstellen, sind Emotionen nicht-begriffliche Meta-Repräsentationen.

Aus Sicht der Informationstheorie bzw. Kommunikationstheorie können Komponist und Interpret als Sender einer Botschaft und der Hörer als deren Empfänger aufgefasst werden. Dies bedeutet, dass der Sender über Techniken und Hinweise verfügt, die zur Identifizierung von Emotionen verwendet werden. Diese Hinweise können dann von Hörern aus derselben Musikkultur des Komponisten richtig interpretiert werden. Aus psychologischer Sicht bedeutet dies, dass es in der Tat ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen den Menschen bei der Darstellung musikalischer Emotionen gibt, bei der Sender und Empfänger emotionaler Inhalte in der Lage sind, eine gemeinsame Sprache des emotionalen Ausdrucks zu verstehen.

So beruhen Empfehlungen von Musikpsychologen für den Unterricht in der Aufführungspraxis weitgehend auf Diskussionen auf dieser Ebene (Juslin, 2003), obwohl die Kommunikation und Rezeption von Emotionen in der Musik, die auf dieser Repräsentation vermittelt werden, noch nicht das Stadium des Fühlens erreicht hat, so dass sie immer noch eng mit der emotionalen Wahrnehmung und nicht mit dem emotionalen Fühlen verbunden ist. Daher ist es leicht, den Unterschied zwischen wahrgenommenen und erfahrenen Emotionen in der Musik zu verwechseln. Viele Studien haben über Widersprüche zwischen den wahrgenommenen und den erlebten Emotionen der Hörer für dasselbe musikalische Material berichtet(Gabrielsson, 2002; Kallinen & Ravaja, 2006; Zentner et al., 2008).

Wenn Musik einen emotionalen Gehalt haben bzw. repräsentieren und transportieren kann und diese Emotionen diese durch den Hörer erkannt werden könnten, dann ergeben sich Fragen wie: Wie kann man die Arten emotionalen Gehalts kategorisieren und in welchem Verhältnis könnten sie stehen. Aber es stellt sich auch die Frage, ob Hörer die in durch Musik repräsentierte Emotionen erleben oder erkennen. Sakka und Juslin (Juslin & Sakka, 2019) unterscheiden daher zwischen der Wahrnehmung von Emotionen, die durch Musik repräsentiert und der Musik durch den Hörer zugesprochen werden sowie musikinduzierten

Emotionen, d. h. die vom Hörer erlebten Emotionen, die sie als "musikalische Emotionen" bezeichnen. Obwohl der Fall gemacht werden kann, dass die Wahrnehmung von Emotionen ein geradlinigerer Prozess ist als die Evozierung von Emotionen, müssen selbst wahrgenommene Emotionen möglicherweise in verschiedene Teilprozesse zerlegt werden (Juslin & Sakka, 2019). Juslin (2013B) stellt fest, dass es drei verschiedene Schichten des wahrgenommenen musikalischen Ausdrucks von Emotionen gibt, die jeweils einer bestimmten Art der Kodierung emotionaler Bedeutung entsprechen. Dies kann die Entdeckung einer allgemeinen Erkennung grundlegender Emotionen in stimmlichem Ausdruck und Musik erklären. Juslin und Sakka (Juslin & Sakka, 2019) vermuten, es gebe drei verschiedene Arten durch die Emotionen in Musik kodiert sein könnten: ikonisch, intrinsisch und assoziativ[40].

- Ikonisch meint, dass Musik so gestaltet sein kann, dass sie Ähnlichkeiten formaler Art mit anderen, intersubjektiven Geschehnissen wie etwa Sprache hat, die ihrerseits in diesen, bestimmten formalen Ausprägungen emotional konnotiert sind. Dies ist eine eher kulturübergreifende Art der Kodierung.
- Intrinsisch bedeutet, dass es selbstreferentielle Bezüge innerhalb eines Musikstücks gibt, deren Ausprägung Bedeutung erzeugt wie Spannung, Stabilität und Erregung.
- Assoziativ ist die Verknüpfung von Musik oder ihrer Bestandteile mit individuell erlebten Geschehnissen, die ihrerseits emotional konnotiert sind.

Die Kernschicht kann durch zusätzliche Schichten im Sinne einer intrinsischen und assoziativen Kodierung erweitert, qualifiziert und manchmal sogar modifiziert werden, so dass der Hörer komplizierte Emotionen wahrnehmen kann. Diese zusätzlichen Ausdrucksebenen sind jedoch weniger kulturübergreifend und invariant. Sie sind stärker vom sozialen Kontext und/oder dem einzelnen Hörer abhängig. Auf der Kernebene der grundlegende Emotionen sind der stimmliche und der musikalische Ausdruck recht ähnlich. Auf den zusätzlichen Ebenen, die alle Emotionen beinhalten, beginnen sich stimmlicher und musikalischer Ausdruck voneinander zu unterscheiden. Je nach der Art und Weise, wie der Ausdruck in einem bestimmten Musikstück kodiert wird, können wir erwarten, dass wir in verschiedenen empirischen Untersuchungen unterschiedliche Ergebnisse finden. Daher behauptet Juslin (2012), dass man leicht Beweise für kulturübergreifende Invarianz oder Vielfalt erhalten könne, je nachdem, wie man die Musik für seine Forschung auswähle.

Thompson und Quinto (Thompson & Quinto, 2011) bezeichnen den Teil der Musik, der allgegenwärtig ist und die Geschichte eines Gefühls erzählen kann, als musikalischen Code. In ihrem Buch "*The Aesthetic Mind"* führen sie eine Reihe von musikalischen Codes an, die mit uns auf einer emotionalen Ebene kommunizieren. Strukturell enthalten diese Codes Elemente wie Harmonie, Lautstärke, Nähe zur Tonart und Aufrechterhaltung der Gesamtstruktur. Auch der Rhythmus spiele eine Rolle: Wenn wir langsame Musik hörten, empfänden wir sie eher als ruhig oder melancholisch, während wir schnelle Musik immer als vergnüglich oder aufgeregt empfänden. Auch die Tonhöhe spiele eine Rolle: Sie sei ein gängiger

[40] ICINAS-BRECVEMAC ist ein von Sakka und Juslin (Juslin & Sakka, 2019) vorgestellter theoretischer Rahmen, der darauf abzielt, die Beziehung zwischen Musik und Emotionen zu erklären. Der erste Teil des Akronyms ICINAS steht für Ikonisch-Intrinsisch-Assoziativ und bezieht sich auf drei Kodierungsschichten wie Musik emotionale Bedeutung vermittelt. Der zweite Teil des Akronyms BRECVEMAC bezieht sich auf neun psychologische Mechanismen zur Hervorrufung von Emotionen, die durch Musik aktiviert werden können.

Schwerpunkt der Musikwahrnehmung, da Tonhöhenschwankungen die Anordnung von Noten in verschiedenen melodischen Mustern ermöglichten. Einige Psychologen haben darauf hingewiesen, dass in diesem Fall die Klangwahrnehmung problematisch sei, weil die genaue Definition des Melodiebegriffs variiere. Melodien könnten auch in der Sprache und anderen nicht-musikalischen Klangquellen vorkommen. Das Hören dieser Klänge könne als Wahrnehmung einer Melodie betrachtet werden, aber nicht unbedingt als Wahrnehmung von Musik. Dasselbe Prinzip gelte für die Wahrnehmung anderer allgemeiner Klangbestandteile wie Rhythmus und Intonation. Aber das ist noch nicht alles: Wie sich diese verschiedenen Elemente verändern und wie wir zwischen ihnen hin- und her wechseln, bestimmt auch unsere Interpretation,[41] das Hören von Musik oder die Art und Weise, wie wir Musik wahrnehmen, wie wir sie als Ganzes wahrnehmen oder wie wir die einzelnen Elemente der Musik erfassen (Hamilton, 2009). Einer der wichtigsten Aspekte der Wahrnehmung, der auch für die Musik von entscheidender Bedeutung ist, ist die Fähigkeit, zukünftige Ereignisse auf der Grundlage vergangener Erfahrungen vorherzusagen. Betrachtet man die musikalische Vorhersage als einen komplexen Vorgang, so umfasst die Vorhersage den dynamischen Charakter der zeitlichen Natur der Musik und die Vorhersageverarbeitung stellt den Hauptprozess der musikalischen Interaktion und Synchronisation dar (Huron, 2006; Maes, 2014, 2016). Es gibt die Hypothese, dass die Gänsehaut-Reaktion, die beim Hören von Musik auftritt, auf einer Verletzung der Vorhersage basiert (Huron, 2006; Koelsch, 2012).

Wie bei der Sprache ist die Anordnung von Tönen nicht zufällig, sondern folgt bestimmten syntaktischen Regeln (Lerdahl & Jackendoff, 1983). Die Regeln der Tonhöhenorganisation auf der Grundlage tonaler Musik sind ein herausragendes syntaktisches Phänomen, das sowohl die Zusammensetzung und Verbindung von Akkorden regelt als auch melodische Tonhöhenverläufe verkörpert und so den Verlauf und die Entwicklung des Stücks als Ganzes strukturiert (Patel, 2010). Die Verarbeitung von Musik ähnelt der grammatischen Verarbeitung von Sprache in dem Sinne, dass sie eine hierarchische Struktur aufweist. Zum Beispiel ähnelt eine Akkordprogression, bei der zunächst eine Dreiklangsbasis etabliert wird, vorübergehend eine Tonart festgelegt wird und dann der Fokus auf den Dreiklang gelegt wird, einer sprachlichen Satzstruktur. Es ist ein bisschen, wie wenn wir beim Sprechen ein Nomen betonen und dann eine Verzierung darüber machen, indem wir einen Nebensatz einfügen. Die Verarbeitung von Sprache und Musik beinhaltet die Verarbeitung von Hierarchien und das Arbeitsgedächtnis.

Man geht davon aus, dass die musikalische Vorhersage weitgehend durch das implizite Wissen bestimmt wird, das Menschen zufällig während ihrer Interaktion mit Musik oder bei aktuellen Aufführungen erworben haben (Bigand, 1993). Studien zum *musical priming* liefern hinreichende Belege dafür, dass implizites durch den kulturellen Kontext bedingtes lokales Wissen die Vorhersagen von Musikern und Nicht-Musikern über musikalische Strukturen beeinflusst. Die Kombination von Musikvorhersage, Musikwahrnehmung und Kognition, um ein musikalisches Ereignis zu konstituieren, d. h. vom musikalischen Input zum emotionalen Output, stellt die Verbindung zwischen den theoretischen, verhaltens- und neurowissenschaftlichen Aspekten der Musikvorhersage für die Entstehung vieler späterer prädiktiver

[41] Wenn z. B. ein schnelles Lied langsam wird, bedeutet das, dass sich der emotionale Ausdruck des Liedes ändert.

Computermodelle der Musikkognition dar. *Prediction* und *expectancy*, die hier synonym verwendet werden, stehen im Zusammenhang mit bestimmten emotionalen und ästhetisch musikalischen Wirkungen, „*We use prediction as a general term for the overall process of future-directed information processing*." (Rohrmeier & Koelsch, 2012, S. 164).

Es gibt viele Bereiche des Gehirns, die auf Klangreize reagieren und Messinstrumente wie funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) können verwendet werden, um die an der Musikwahrnehmung beteiligten Bereiche zu lokalisieren, indem die verschiedenen musikalischen Reize und die entsprechenden Gehirnscans aufgezeichnet werden. Es gibt natürlich noch andere Messinstrumente, die eine Lokalisierung ermöglichen und die Dynamik des Gehirns beim Hören von Musik sichtbar machen können. Generell handelt es sich um nicht-invasive Techniken, die zur Messung von Emotionen eingesetzt werden (Grumment at el., 2015). Obwohl es messtechnische Probleme gibt, wurden bei der wissenschaftlichen Untersuchung der an der Musikwahrnehmung beteiligten Gehirnregionen Fortschritte erzielt. Die Untersuchung der Wahrnehmung gehört zu der Psychologie und den Neurowissenschaften. Die Psychologie erforscht die menschliche Psyche, die Neurowissenschaften konzentrieren sich auf das Gehirn und das Nervensystem, während die Linguistik sich mit der Sprache beschäftigt.

Stefan Koelsch (2011A) untersucht die Frage, ob Musik und Sprache auf neuronaler Ebene ähnlich verarbeitet werden. Er betont, dass die Verarbeitung von Bedeutung eine zentrale Rolle bei der Wahrnehmung von Sprache und Musik spiele. Er vermutet, dass die gleichen Hirnprozesse, die an der Sprachverarbeitung beteiligt sind, auch an der Musikverarbeitung beteiligt sind. Koelsch (2011A) hat ein Modell für die an der Musikwahrnehmung beteiligten neuronalen Verarbeitungskomponenten aufgestellt,[42] das Erkenntnisse über den zeitlichen Verlauf der Aktivität einiger dieser Komponenten sowie über ihre Lokalisation im Gehirn einbezieht. Nach Koelsch (2011A, 2012A) beginnt die Musikwahrnehmung mit der Dekodierung der akustischen Information und gliedert sich in mehrere Stufen, wobei die mechanisch-physikalisch repräsentierte Information zunächst in der Cochlea in neuronale Aktivität umgesetzt und im auditorischen Hirnstamm schrittweise transformiert wird. Hier tritt die Klanginformation in das auditive sensorische Gedächtnis ein und auditive Gestalten werden gebildet, dann werden musikalische Komponenten wie melodische Intervalle entschlüsselt. Nach syntaktischen Anomalien oder unerwarteten syntaktischen Strukturen, kann es zu strukturellen Re-Analyse- und Reparaturprozessen kommen. Diese Re-Analyse- und Reparaturprozesse scheinen sich in positiven elektrophysiologischen ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP; ERPs, *event-related potentials*), die als P600/LPC[43] bezeichnet werden, widerzuspiegeln und die ein Maximum bei 600–900 ms erreichen. Das P600/LPC kann durch unregelmäßige melodische Töne verursacht werden (z. B. Besson & Macar, 1986; Verleger, 1990; Paller et al. , 1998; Miranda & Ullman 2007; Peretz et al., 2009), aber auch durch unregelmäßige Akkorde (z. B. Patel et al., 1998). Es hat den Anschein, dass das P600/LPC nur dann ausgelöst werden kann, wenn sich Personen mit musikalischen Reizen beschäftigen und

[42] Siehe Abbildung 4, S. 105

[43] *late positive component*, siehe Abbildung 4, S.105

dass P600/LPC teilweise mit dem Prozess der bewussten Erkennung musikalischer struktureller Dissonanzen verbunden ist.

Der Hörer ist in der Lage, die musikalische Syntax wahrzunehmen. Die Informationen, die der harmonische Kontext der Musik liefert, beeinflussen unmittelbar die Verarbeitung der entstehenden Akkorde. Die potenziell wichtige Frage lautet also: Wie erfolgt die Verarbeitung der musikalischen Syntax? Ich vermute, dass es zwei mögliche kognitive Mechanismen gibt. Der erste ist eine antizipationsbasierte Sichtweise: Während sich die Musik entfaltet, baut der Hörer auf der Grundlage des syntaktischen Wissens eine Erwartung über den auf einen Akkord folgenden Akkord auf. Er ist überrascht, wenn der Zielakkord nicht der Erwartung entspricht. Die zweite Sichtweise basiert auf der Integration (vgl. auch Patels SSIRH[44], 2003; vgl. Koelsch, 2012): Wenn der Zielakkord syntaktisch nicht mit dem musikalischen Kontext

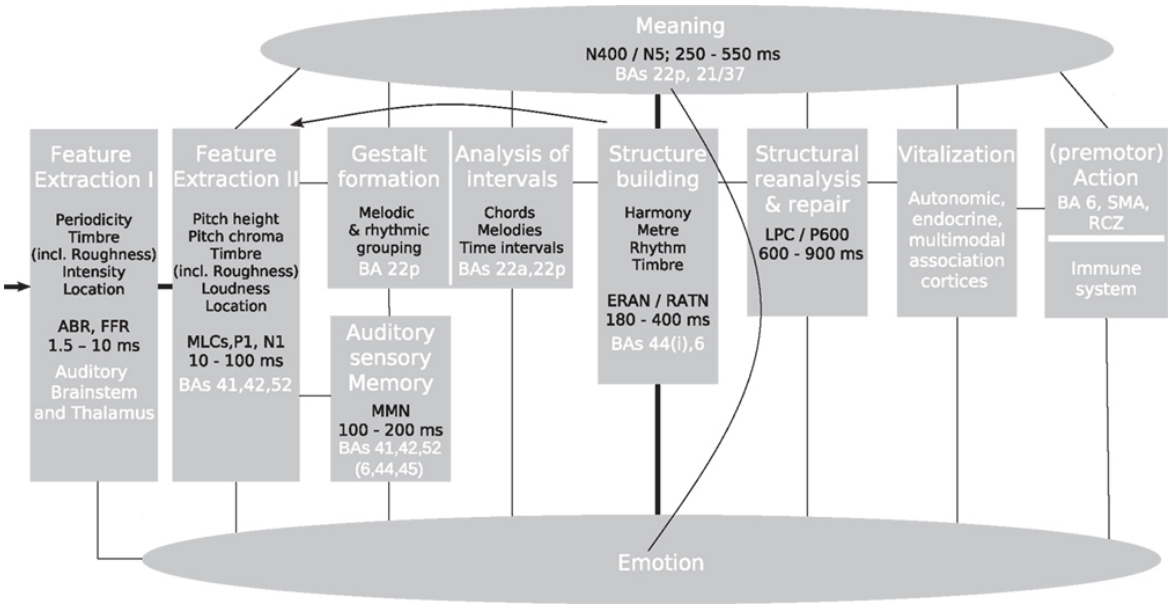

Abb. 4, Koelsch 2011A, S. 3

Neurokognitives Modell der Perzeption von Musik. ABR, auditory brainstem response; BA, Brodmann area; ERAN, early right anterior negativity; FFR, frequency-following response; LPC, late positive component; MLC, mid-latency component; MMN, mismatch negativity; RATN, right anterior-temporal negativity; RCZ, rostral cingulate zone; SMA, supplementary motor area.

übereinstimmt, müssen die Hörer mehr kognitive Ressourcen aufwenden, um den Zielakkord in die Repräsentation des musikalischen Kontextes zu integrieren, nachdem der Zielakkord aufgetaucht ist.

Forscher legen Probanden in der Regel eine kurze Akkordfolge vor und konstruieren entsprechend einer Musiktheorie syntaktisch korrekte und syntaktisch inkorrekte Akkordfolgen, indem sie entweder den abschließenden Akkord (Zielakkord) oder den vorhergehenden Hintergrundakkord manipulieren, um die Fähigkeit der Menschen zur syntaktischen Verarbeitung von Musik zu untersuchen. Verhaltensstudien haben

[44] Patel hat die SSIRH-Hypothese (*Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis*) vorgeschlagen (Patel, 2003). Diese besagt, dass die syntaktischen Repräsentationen von Sprache und Musik in unterschiedlichen Gehirnnetzwerken gespeichert sind, dass sich die neuronalen Netzwerke jedoch überschneiden, wenn die musikalischen Stimuli syntaktisch verarbeitet werden. Sprache und Musik nutzen eine gemeinsame Gruppe von Schaltkreisen, die in den präfrontalen Regionen des Gehirns angesiedelt sind.

ergeben, dass Hörer Zielakkorde langsamer verarbeiten, wenn die Akkordfolge nicht syntaktisch korrekt, sondern syntaktisch inkorrekt bzw. unlogisch ist (Bharucha & Stoeckig, 1987; Tillmann, Bigand & Pineau, 1997). Der Unterschied bleibt auch bestehen, wenn der Grad der syntaktischen Verletzung sehr gering ist (Bigand & Pineau, 1997). ERP-Ergebnisse zeigen, dass syntaktisch inkorrekte Zielakkorde eine *Early Right Anterior Negativity* (ERAN) bei 100-350 ms induzieren[45] (Jentschke et al., 2014; Koelsch et al., 2000; Koelsch et al., 2007). In der Spätphase der Verarbeitung wird N5 (Koelsch et al., 2000; Pouin-Charronnat et al., 2006) oder P600/LPC induziert (Lagrois et al., 2018; Patel et al., 1998). Die ERAN spiegelt die frühe Erkennung von syntaktischen Verstößen wider, während N5 oder P600/LPC[46] spätere syntaktische Integrationsprozesse und die Reanalyse der musikalischen Struktur widerspiegeln (Koelsch et al., 2000; Patel et al., 1998; Maes et al., 2001). Es wurde auch festgestellt, dass musikalisches Training nicht nur zu Veränderungen in der Wahrnehmungsverarbeitung von Musik führt, sondern auch die syntaktische Verarbeitung im Sprachbereich erleichtert (Jentschke & Koelsch, 2010).

Die musikalische Syntax spielt eine wichtige Rolle bei der Musikwahrnehmung. Sie prägt die Erwartungen der Hörer an die Abfolge musikalischer Ereignisse und trägt zur Erzeugung emotionaler und ästhetischer Erfahrungen bei (Koelsch, 2014). Die bisherige Forschung zur musikalischen Syntax hat sich darauf konzentriert, ob Menschen implizites Wissen über die musikalische Syntax haben. Experimentelle Ergebnisse haben gezeigt, dass Hörerinnen und Hörer im Allgemeinen die Fähigkeit haben, musikalische Syntax wahrzunehmen, wenn sie lange Zeit tonaler Musik ausgesetzt waren (Koelsch et al., 2019). Syntaxverarbeitung ist eine universelle Fähigkeit des menschlichen Gehirns; nicht-menschliche Primaten sind nicht in der Lage, sie zu beherrschen (Fitch & Hauser, 2004). Daher ist es wahrscheinlich, dass nur Menschen in der Lage sind, musikalisch syntaktische Informationen adäquat zu verarbeiten.

Die Elektroenzephalographie (EEG) spielt eine wichtige Rolle bei der Erforschung von Kognition, Hirnfunktion und Dysfunktion (Cohen, 2017). Die verschiedenen Signale zum Beispiel ERAN[47], MMN[48], N400[49] und N5[50] indizieren verschiedene Stadien der zeitlichen Verarbeitung. Bei ERP geht es um einzelne zeitliche Abläufe. Man kann untersuchen, inwieweit die zeitliche Abfolge bei der neuronalen Informationsverarbeitung von Musik und Sprache gleich ist. ERAN bezieht sich auf die rechte Hemisphäre, während ELAN, der linke Hirnhälfte zugeordnet ist. ERAN wurde erstmals von Koelsch in einem Musikexperiment entdeckt, bei dem unregelmäßige Akkorde im Vergleich zu regelmäßigen Akkorden ERAN angeregten (Koelsch et al., 2000). Koelsch bringt ERAN mit musikalischer Strukturbildung in Verbindung (s. *structure building*, Abbildung 4, S. 105). Dann kommt die Integration semantischer Information, auf die das N400 verweist (s. *meaning*, Abbildung 4, S. 105). Hier folgt der Prozess der Re-Analyse und Korrektur, den das P600/LPC indiziert (s. *structural reanalysis & repair*, Abbildung 4, S. 105). Über die beteiligten rechte

[45] Siehe Abbildung 4, S.105

[46] Siehe Abbildung 4, S.105

[47] ERAN steht für *early right anterior negativity*

[48] MMN steht für *mismatch negativity*

[49] N400 ist eine ereigniskorrelierte Potentialkomponente (ERP). Es handelt sich um ein ein negatives kognitives Potential, welches nach ca. 400 ms auftreten kann, wenn ein unerwarteter semantischer Kontext auftritt.

[50] N5 ist ein negatives kognitives Potential, welches nach ca. 500 ms auftreten kann, nach dem harmonisch unpassende Akkorde in einem muskalischen Kontext wahrgenommen werden.

Gehirnrhemispäre berichten Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2000), dass die akustische Analyse zunächst im auditorischen Kortex stattfindet. Dann kommt der Bereich 100 ms, der sich in BA 42 befindet und in Verbindung mit BA 44 steht (Koelsch et al., 2005). Anschließend erfolgt die ERAN, die sich im Bereich 150–250 ms in BA 44 befindet und zwar im oberen, vorderen und unteren Abschnitt. Danach tritt die N400 auf, die sich im MTL-Bereich (medialen Temporallappen) befindet. Der mediale Temporallappen steht auch in Beziehung zur Gedächtnisstruktur.

Die Untersuchung der Hirnfunktionen der phonologischen Kognition ist ein wichtiges Thema in der Kognitiven Neuropsychologie und verwandten Disziplinen. Sie wurde durch den Einsatz moderner Techniken wie ERP und funktioneller bildgebender Verfahren (fMRI,[51] PET,[52] MEG[53]) erheblich erleichtert. ERPs ermöglichen die Untersuchung höherer Hirnfunktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Sprache, von denen das N400 auch als „sprachbezogenes Potenzial“ bekannt ist. Kutas und Kollegen fanden (Kutas et al., 1980) heraus, dass bei Probanden, die einen Satz mit sieben Wörtern zustimmten, ein korreliertes negatives Potential mit einer Latenz von etwa 400 ms hervorgerufen wurde, wenn das Zielwort nicht mit der Bedeutung des gesamten Satzes übereinstimmte. Sie gaben ihm den Namen N400. Das N400 ist ein negatives Potential, das die kognitive Verarbeitung von Sprache in der Großhirnrinde widerspiegelt und kann anhand seiner Amplitude, Latenz und Kopfhautverteilung beschrieben werden (Koelsch et al., 2000).

Die Syntax ist eine Schlüsselkomponente der menschlichen Sprache, für die es keine bekannte Entsprechung in tierischen Kommunikationssystemen gibt. Die menschliche Sprache erfordert Strukturen, die als Phrasen oder Sätze bezeichnet werden und die über die Ebene der Wörter hinausgehen (oder, in Analogie dazu, über die Ebene einzelner Rufe bei Tieren). Die syntaktischen Elemente der Musik sind Töne, Melodie, Rhythmus und Harmonie. Wie bei der Sprache ist die Anordnung der Töne und Akkorde nicht zufällig, sondern folgt bestimmten syntaktischen Regeln (Lerdahl & Jackendoff, 1983). Die Regeln der Tonhöhenorganisation, die auf tonaler Musik basieren, sind ein herausragendes syntaktisches Phänomen, das sowohl die Bildung und Verbindung von Akkorden regelt als auch in der Abfolge der melodischen Tonhöhen verankert ist und somit den Verlauf und die Entwicklung des Stücks strukturiert (Patel, 2010).

Sowohl Musik als auch Sprache sind aus wahrnehmungspsychologischer und sinnesphysiologischer Sicht auditive Phänomene. Sie nutzen aber nicht nur das auditorische System, sondern auch viele andere Teile des Gehirns. So werden verschiedene Bereiche der Großhirnrinde sowie subkortikale Bereiche für diverse Aspekte der Sprach- und Musikverarbeitung genutzt (Peretz et al., 2015). Die stärksten Belege dafür, dass die syntaktische Verarbeitung von Musik und Sprache gemeinsame neuronale Ressourcen nutzt, stammen aus Experimenten, die das Zusammenspiel zwischen Musik-Syntax- und Sprach-Syntax-Verarbeitung aufzeigen (Koelsch et al, 2005B; Steinbeis & Koelsch, 2008; Fedorenko et al, 2009; Slevc et

---

[51] fMRI steht für funktionelle Magnetresonanztomographie (*functional Magnetic Resonance Imaging*). Dabei handelt es sich um ein bildgebendes Verfahren, das verwendet wird, um die Hirnaktivität zu untersuchen, indem es Veränderungen im Blutfluss und Sauerstoffgehalt im Gehirn misst.

[52] PET steht für Positronen-Emissions-Tomographie (*Positron Emission Tomography*). Dieses Verfahren wird verwendet, um biologische Prozesse im Körper sichtbar zu machen. Es basiert auf der Detektion von Positronen, die bei radioaktiven Zerfällen entstehen und ermöglicht die Darstellung von Stoffwechselaktivitäten im Gehirn.

[53] MEG steht für *magnetoencephalography*. Dies ist eine Technik, mit der die Magnetfelder gemessen werden, die von neuronalen Aktivitäten im Gehirn erzeugt werden. MEG kann verwendet werden, um zeitliche Muster der Gehirnaktivität zu erfassen und hat eine hohe zeitliche Auflösung.

al., 2009). Die Ergebnisse wurden durch zwei Verhaltensstudien (Fedorenko et al., 2009; Slevc, Rosenberg & Patel, 2009) und eine Patientenstudie von Patel (2008) bestätigt. Die letztgenannte Studie zeigte, dass Patienten mit Broca-Aphasie auch Beeinträchtigungen bei der Verarbeitung der Musiksyntax für verstimmte Akkorde aufweisen, die in harmonischen Progressionen vorkommen. Es ist zu beachten, dass alle Patienten eine Broca-Aphasie haben, aber nur einige von ihnen Läsionen aufweisen, die das Broca-Areal einschließen. Neurophysiologische Studien deuten darauf hin, dass musikalische und sprachliche syntaktische Prozesse wahrscheinlich im inferioren anterolateralen Kortex überlappende Ressourcen beinhalten. Experimente zur Interaktion zwischen den ERP-Komponenten der musikalischen und sprachlichen syntaktischen Verarbeitung insbesondere LAN und ERAN zeigen, dass diese Ressourcen der musikalischen und sprachlichen syntaktischen Verarbeitung zugrunde liegen (Koelsch, 2011A).

Forschungen zeigen, dass Patienten mit Läsionen im auditiven Temporallappen einen Verlust der Fähigkeit der Musikwahrnehmung aufweisen, während sie andere auditive Wahrnehmungsfähigkeiten beibehalten (Brattico, 2018; Peretz & Zatorre, 2005). Diese Studien bilden die Grundlage für die ursprünglich einflussreichen modularen Modelle der Musikwahrnehmung und -produktion, bei denen jedes Modul gekapselten und automatisierten Teilfähigkeiten gewidmet ist (Peretz & Coltheart, 2003).

Musik ist in der Lage, Emotionen hervorzurufen und Stimmungen zu verändern. Repräsentationen auf annähernd allen Verarbeitungsstufen der Musikwahrnehmung können Emotionen auslösen (Koelsch et al, 2006). Die durch Musik evozierte Erfüllung oder Nichterfüllung musikalischer Erwartungen, die in enger Verbindung mit der Verarbeitung syntaktischer Strukturen stehen und zum Empfinden von Anspannung oder Entspannung führen, werden mit Emotionen in Verbindung gebracht (Meyer, 1956).

Wenn man einen musikalischen Akkord oder eine Kadenz hört, klingt dieser bzw. diese angespannt oder entspannt. Zum Beispiel: Der Neapolitaner selbst klingt angespannt. Wenn man danach einen passenden Akkord spielt, entsteht ein Gefühl, aber es handelt sich nicht unbedingt um Emotionen. Man hat eher den Eindruck, dass es nach den beiden Akkorden entspannt ist. Der Übergang vom Neapolitaner zum nächsten Akkord führt zu einer entspannten Klangwahrnehmung. Das bedeutet, dass man zum Beispiel noch keine Emotionen wie besondere Schönheit, Traurigkeit oder Fröhlichkeit empfindet. Es ist eher so, als wäre ein Problem gelöst, aber die Emotionen sind noch nicht präsent. Vielleicht tritt dann irgendwann eine Emotion auf, aber zu diesem Zeitpunkt ist nur das Problem gelöst. Nach einem Neapolitaner erhält man eine gute Auflösung und der Übergang von Spannung zur Entspannung findet statt.

Darüber hinaus fanden Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2006) heraus, dass während der Wahrnehmung von auditiven (musikalischen) Informationen, ob angenehm oder unangenehm, der inferiore frontale Gyrus (IFG[54]) aktiviert wird. Die Aktivierung von verschiedenen Teilen des Gehirns entspricht eigenen Funktionen, wie z. B. Gedächtnis, Motorik, Sprachverarbeitung usw. und zeigt einen zusammenhängenden Schaltkreis an. In allen genannten Strukturen in Abbildung 4, S. 105, mit Ausnahme des Hippocampus, nimmt die Aktivierung während der Darbietung musikalischer Reize mit der Zeit zu, was

[54] Der IFG umfasst die Brodmann-Areale BA 44, BA 45 und BA 46.

darauf hindeutet, dass die Auswirkungen der emotionalen Verarbeitung zeitlich begrenzt sind (Koelsch et al., 2006).

Musik ist ein Produkt des Gedächtnisses (Spitzer, 2018). Das BRECVEM-Modell[55] von Juslin und Västfjäll (Juslin & Västfjäll, 2008), bezieht sich auf eine musikalisch hervorgerufene Wiedererinnerung an ein bestimmtes persönliches Ereignis in der Vergangenheit. Wenn die Erinnerung hervorgerufen wird, werden auch die mit der Erinnerung verbundenen Gefühle hervorgerufen (Baumgartner, 1992; Janata et al., 2007). Payne und Kollegen (2010) argumentieren, dass eine Voraussetzung dafür, dass Menschen etwas vergessen könnten, darin bestehe, dass sie geistig völlig von den mit dem Ereignis verbundenen Informationen isoliert seien, dass aber die emotionale Komponente des Gedächtnisses diesen Prozess oft untergrabe. Die emotionalen Erinnerungen der Menschen würden in Verbindung mit vielen Teilen ihres Lebens gebildet, so dass es schwierig sei, sie zu isolieren. Wenn sie absichtlich vergessen würden, bringe das emotionale Element sie in den Vordergrund und mache sie einprägsamer.

Das bedeutet jedoch nicht, dass man dabei zwangsläufig ein trauriges oder fröhliches Gefühl hat. „*At the center of a scientific enterprise to understand emotions to music must lie an attempt to capture the process through which musical sounds are imbued with meaning*." (Juslin, 2013A, S. 236). Traurige oder fröhliche Gefühle gehören nach Stefan Koelschs Unterteilung der Inforrmationsverarbeitung musikalischer Bedeutung in *intra-musical*, *extra-musical* und *musicogenic meaning* dem Bereich *musicogenic* an.[56] Er untersucht, welche neuronalen Prozesse wie Vorhersage, Speicherung, Aktivierung und Integration bei der Informationsverarbeitung musikalischer Bedeutung und der Musikwahrnehmung eine Rolle spielen. Die durch Musikhören ausgelöste Chill-Reaktion fällt nach Koelsch, der sich auch auf die Arbeiten von Salimpoor et al. (2011) und Huron (2006) bezieht, in den Bereich des *musicogenic meaning*, insbesondere des emotionalen *musicogenic meaning*, (Koelsch, 2011B, S. 101).

5 Musik und Emotion: Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion und Neurophysiologie

Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion wird im Allgemeinen als Indikator für eine Emotion[57] und zwar für eine starke Emotion betrachtet (Sloboda, 1991). Sie gilt als eine positive Emotion und tritt auch in Verbindung mit anderen Körperempfindungen auf. Musik kann nach zahlreichen

---

55 In dem Akronym des Modellnamens steht das zweite E für episodisches Gedächtnis

56 Koelsch (2011B) unterscheidet bei *musical meaning* i*ntra-musical*, *extra musical* und *musicogenic meaning*.t. „Intra" bedeutet n der Musik. Die Bedeutung ist allein innerhalb der Musik durch musikalische Strukturen bedingt. „Extra" bedeutet außerhalb der Musik. „*Musicogenic meaning"* bezieht sich auf psychische und körperliche Verarbeitung, Tanzen, Musiktherapie oder musikalische Emotion.

57 Die Begriffe Emotion (*emotion*), Gefühl *(feeling*) und Stimmung (*mood*) sind durchaus spezifisch, Juslin (2013A) hat einige Unterscheidungen getroffen. Er (Juslin, 2013A, S. 236) unterscheidet folgendermaßen zwischen *emotion*, *feeling* und *mood*. „*Emotion: This term is used to refer to a quite brief but intense affective reaction that usually involves a number of sub-components – subjective feeling, physiological arousal, expression, action tendency, and regulation – that are more or less 'synchronized'. Emotions focus on specific 'objects' and last minutes to a few hours (e.g., happiness, sadness) Feeling: This term is used to refer to the subjective experience of emotions or moods. One component of an emotion that is typically measured via verbal self-report (Juslin, 2013A, S. 236)." "Mood: This term is used to denote such affective states that are lower in intensity than emotions, that do not have a clear 'object', and that are much longer lasting than emotions, several hours to days (e.g., gloomy).*" (Justin, 2013A, S. 236). In der Dissertation wird Emotion (*emotion*) als unbewusstes Phänomen von Gefühl (*feeling)* als subjektiv erlebte Emotion unterschieden.

empirischen Studien unterschiedliche Emotionen auslösen (Juslin & Västfjäll, 2008; Justin, 2019). Diese spielen eine wichtige Rolle bei der Beurteilung von Musik (Scherer, 2001). Das Studium der musikalischen Emotionen ist ein zentrales Thema der Musikpsychologie (Sloboda & Juslin, 2005). Die metaphorische Reaktion von Gänsehaut, die durch Musikhören ausgelöst wird, bezieht sich darauf, dass in bestimmten Situationen kleine Haare auf der Haut erscheinen, die wie Gänsehaut aussehen. Ob Tiere eine ähnliche Reaktion haben, ist noch nicht abschließend geklärt. Einige Tiere könnten in bestimmten Situationen ähnliche physiologische Reaktionen zeigen. Da Tiere jedoch nicht wie Menschen durch Sprache ihre Empfindungen ausdrücken können, ist es schwer festzustellen, ob sie tatsächlich ähnliche emotionale Erfahrungen haben. Dennoch können bei einigen Säugetieren in bestimmten Situationen physiologische Reaktionen auftreten, wie aufgestelltes Fell oder Muskelanspannung, die möglicherweise mit ihrem emotionalen Zustand zusammenhängen. Dieses Kapitel behandelt hauptsächlich die menschlichen Emotionen.

Subjektive Bewertungen sind derzeit die vorherrschende psychologische Methode zur Untersuchung musikalischer Emotionen, wobei die Forscher Fragebögen oder Emotionsskalen verwenden (Gabrielsson, 2002). Wegen der subjektiven Eigenschaft von Emotionen haben einige Forscher argumentiert, dass dies aufgrund der Komplexität der Musik eine verzweifelte, aber gültige Entscheidung sei (Eerola & Vuoskoski, 2011).

Die Analyse von Emotionen ist nicht monolithisch. Die Frage, woher die Emotionen kommen, wäre vielleicht die ursprüngliche und letzte Frage der Menschheit, so wie die Philosophen versuchen, auf die Frage nach der ursprünglichen Quelle der Welt eine grundlegende Antwort zu finden, oder wie Anthropologen und Biologen versuchen, den Ursprung des Lebens zu finden, oder wie Physiker versuchen, den Anfang des Universums zu finden.

Das Phänomen der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion wird unterschiedlich bezeichnet. Es zeichnet sich durch viele charakteristische Elemente aus, die als konstituierend für diese Erfahrung angesehen werden. Es gibt ähnliche Beschreibungen in Bezug auf Bewertung, Motivation und körperliche Empfindungen oder gemeinsame körperliche Symptome in Bezug auf die auslösenden Reize. Daher ist es möglich, die mit der Gänsehaut-Reaktion verbundene starke Emotion in verschiedenen Kulturen und in verschiedenen Sprachen zu untersuchen. Die aktuelle Emotionsforschung hat zum Ziel, Emotionen zu identifizieren, zu beschreiben und zu messen. Das empirisch-experimentelle Studium des Chill-Phänomens hilft dabei, diesem Ziel näher zu kommen.

5.1 Schwierigkeiten der Emotionsforschung

Die Frage, wie sich Musik zur Matrix der menschlichen Emotionen verhält, stellt wissenschaftlich noch immer ein ungelöstes Rätsel dar. Warum wir ein Musikstück schön finden oder warum es traurig oder glücklich macht, war und ist nicht immer eindeutig zu beantworten. Die Wirkung von Musik wurde ganz selbstverständlich mit einer geheimnisvollen Kraft in Verbindung gebracht, die von der emotionalen bis in

die spirituelle Welt reichte. Unsere Vorfahren nahmen an, dass Musik ein Medium sei, um eine Verbindung zwischen Mensch und Gott oder Natur herzustellen.

Emotionen gehören zum Bereich der Affekte[58] (*affects*), der eine Vielzahl von Phänomenen umfasst. Das gemeinsame und bestimmende Merkmal ist die Bewertung[59] (Juslin & Sakka, 2019). Die meisten Forscherinnen und Forscher verlangen außerdem ein gewisses Maß an Erregung, um Affekte von rein kognitiven Urteilen abzugrenzen. Musikalische Emotionen scheinen sowohl einfach als auch komplex zu sein. Sie appellieren an die unmittelbarsten Körperempfindungen und uralte tierische Instinkte. Sie sind jedoch oft mit Worten und Filmen kombiniert und beziehen das Langzeitgedächtnis, die innere Nachahmung, die motorische Vorstellungskraft, die soziale Wahrnehmung und die ästhetische Bewertung so mit ein, dass die Wahrnehmungs- und Gefühlsdimensionen der Musik eng miteinander verwoben sind und sich gegenseitig beeinflussen. Obwohl es eine wachsende Zahl von Forschungsarbeiten über Musik und Emotionen gibt, besteht kein Konsens darüber, welche spezifischen Emotionen Musik hervorruft. Es ist wenig darüber bekannt, wie Musik Emotionen beeinflusst oder evoziert (Iwanaga & Moroki, 1999; Juslin & Zentner, 2002; Peretz, 2001).

Wenn man Musik hört, kann es zu einer Gänsehaut-Reaktion kommen. Gänsehaut ist beobachtbar. In Verbindung mit der Gänsehaut-Reaktion sagt man auch, dass einem ein Schauer den Rücken herunterlaufe. Es kann manchmal sogar zu Tränenausbrüchen kommen. Benedek und Kollegen (Benedek et al., 2010) beispielsweise stellen zwar eine effektive Methode zur objektiven und kontinuierlichen Messung der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion vor,[60] aber es gibt ein anderes undefinierbares Gefühl, das wir mit Worten nicht beschreiben können. Das Erleben von Musik und Emotionen ist sehr subjektiv. Wie können wir beweisen, dass wir diese Dinge fühlen, dass es sich hier um musikalische Emotionen handelt?

Es gibt ganzheitliche Möglichkeiten dies zu betrachten: Der gestalttheoretische und ganzheitliche Ansatz bestehen darin, die menschliche Wahrnehmung, Emotionen und Musik selbst als Ganzheit oder Gestalt zu verstehen.[61] Die übliche emotionale Erfahrung ist eine ganzheitliche Erfahrung, die aus einer Kombination von hedonischem Ton, Körperwahrnehmung, Objektwahrnehmung, bewertendem Bewusstsein und Verhaltensimpulsen besteht, die relativ zeitgleich über einen relativ kurzen Zeitraum auftreten (Scherer, 2004). Klaus Scherer (2004) behauptet, dass es diesbezüglich möglich sein könne, zu einem überzeugenden

---

[58] Juslin (2013A, S. 236) gibt folgende Charakterisierung: „*Affect: This term is used as an umbrella term that covers all evaluative – or 'valenced' (positive/negative) – states (e.g., emotion, mood, preference). The term denotes such phenomena in general. If that is not intended, a more precise term (e.g., emotion, preference) is used*." Vgl. auch Fußnote 55.

[59] d. h. die Bewertung eines Objekts, einer Person oder eines Ereignisses als positiv oder negativ.

[60] d. h., wir versuchen mit Messungen und Sprache zu erklären, was wir hören, warum es dazu führt, dass wir eine Gänsehaut-Reaktion erleben.

[61] Es sollten Ganzheit und Gestalt unterschieden werden: Zur Berliner Schule der Gestaltpsychologie zählten neben Carl Stumpf seine Schüler Max Wertheimer, Kurt Koffka, Wolfgang Köhler und Kurt Lewin. Die Gestaltpsychologie hatte als zentrale Maxime den aus der Antike bekannten Satz „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile". Sie wendet sich gegen die Auffassung, man könne Psychologie betreiben, indem man das Seelenleben des Menschen in immer kleinere Elemente zerlegt und betont den ganzheitlichen Charakter der menschlichen Wahrnehmung, des Erlebens und des Handelns. Die Grundeinheiten des menschlichen Seelenlebens sind dabei die Gestalten, etwa im Sinne einer Melodie, die sich bekanntlich nicht erfassen lässt, indem ihre Noten isoliert voneinander analysiert werden, denn jede Melodie bildet eine unzertrennbare Wahrnehmungseinheit, die etwa auch in eine andere Tonart transponiert werden kann, ohne ihre Gestalt zu verlieren.
Die Ganzheitspsychologie ist auch als Strukturpsychologie oder Leipziger Schule bekannt. Der deutsche Philosoph und Psychologe Felix Krueger war der bedeutendste Vertreter der Ganzheitspsychologie; er gilt als Begründer und Leiter der Zweiten Leipziger Schule. Eine Annahme der Ganzheitspsychologie ist die komplette Wahrnehmung. Damit ist gemeint, dass die menschliche Wahrnehmung sich nicht einfach nur aus einzelnen Elementen zusammensetzt und damit ein stimmiges Bild ergibt. Vielmehr sind es Erfahrungen, Kontextfaktoren, Einstellungen und Gefühle, die die Wahrnehmung beeinflussen.

Resultat zu gelangen, das den psychischen Tatsachen des komplexen ganzheitlich-emotionalen Erlebens näher komme, indem die verschiedenen Faktoren kombiniert würden.

Musikalische Werke sind ein Produkt der Wahrnehmung. Musik evoziert Emotionen. Dies ist eine relativ einheitliche Ansicht vieler Studien über musikalische Emotionen. Der emotionale Wert der Musik steht im Mittelpunkt der Anpassungs- oder Adaptationstheorie (Altenmüller et al., 2013). Eine zentrale Funktion von Musik scheint der Ausdruck von Gefühlen zu sein. Aber reagieren Menschen wirklich emotional auf Musik? Auf diese Fragestellung gibt es eine scheinbar einfache Antwort. Einige Musiktheoretiker wie Eduard Hanslick widersprechen dieser alltäglichen Sichtweise. Es gibt jedoch viele Argumentationen, die anstreben, das Argument von Hanslick zu widerlegen oder zumindest wird argumentiert, dass dies nur teilweise, aber nicht vollständig, damit begründet werden könne, wie Musik Emotionen auslöse. Eine weitere Position, die der Vorstellung, dass Musik Emotionen evoziere, widerspricht, ist die Position, dass es sich lediglich um einen Wechsel von Spannung und Entspannung handele.

Das von Menninghaus und Kollegen (Menninghaus et al., 2017) vorgeschlagene *Distancing-Embracing-Model* kann erklären, wie in der Kunstrezeption beim Erleben negativer Emotionen gleichwohl Genuss vorkommen kann. Es handelt sich um das auch aus dem Alltag bekannte Phänomen, dass ein Musikstück, das an sich als emotional traurig wahrgenommen wird, beim Hören körperlich und emotional als beglückend empfunden wird. Dieses Phänomen kann nicht auf bloße Spannungsbögen und Erwartungen zurückgeführt werden. Es ergibt sich ein wesentlich komplizierteres Bild.

Die Kognitionswissenschaft, mit besonderem Schwerpunkt auf der Erforschung musikalischen Erlebens, fokussiert die kognitive Komponente in der Wahrnehmung und deren Funktion. Sie stellt fest, dass Wahrnehmung und Funktion kognitiv und nicht emotional sind. Die frühe Musik- und Emotionsforschung konzentrierte sich auf die Zuordnung von emotionalen Bezeichnungen zu musikalischen Fragmenten. Der Schwerpunkt lag eher auf der klassischen Musik, die sich vornehmlich auf die höheren abstrakten und ästhetischen Eigenschaften der Werke bezogen und nicht auf in alltäglichen Situationen auftretende Emotionen.

Das Geheimnis, was sich in der Blackbox[62] befindet, ist ein Thema, das viele Menschen angezogen hat. Die Untersuchung durch Musik evozierter Emotionen kann auch im Rahmen der Blackbox-Konzeption erfolgen. Dann stellt Musik einen externen Stimulus dar, der in die Blackbox eintritt, dort verarbeitet wird und daraufhin eine Reaktion wie zum Beispiel die Gänsehaut-Reaktion hervorruft. Für dieses Modell ist die Beziehung zwischen Stimulus und Reaktion zentral. Phänomene wie Bewusstsein und Gefühl sind sehr kompliziert und wissenschaftlich objektivierend nicht leicht zugänglich, deshalb klammerte der Behaviorismus den Bezug auf diese Phänomene für Erklärungen eines Verhaltens aus.

Die Schwierigkeit in der Emotionsforschung besteht darin, dass Emotionen nicht quantifizierbar sind. Es mangelt an geeigneten Forschungsparadigmen und -methoden für die Untersuchung der emotionalen Wirkung von Musik, da es an einer konzeptionellen theoretischen Analyse der Prozesse fehlt, die durch Musik Emotionen erzeugen (Scherer, 2004). Obwohl viele Wissenschaftler versucht haben, einen

[62] Siehe Abbildung 2, S. 37

standardisierten Ansatz für Emotionen zu entwickeln, wurde kein Standard entwickelt. Im Gegensatz zur Mathematik oder Physik ist es schwierig, die dem Menschen inneren mentalen Berechnungen zu definieren. Die Schwierigkeit bei der Untersuchung der Gänsehaut-Reaktion besteht darin, dass es kein Musikstück gibt, das eindeutig eine Gänsehaut-Reaktion verursacht und dass die Reaktion auf ein und dasselbe Musikstück von einem Musiksystem zum anderen variiert.

Gefühle oder das Bewusstsein sind insgesamt etwas ganz Besonderes und scheinen völlig subjektiv zu sein. Wegen der stark subjektiven Eigenschaft von Gefühlen kommt die wissenschaftliche Forschung nur langsam voran. Juslin und Sloboda (2001) konstatieren deswegen auch, dass Gefühle im Labor experimentell schwer zu untersuchen seien und dies der Grund für das langsame Vorankommen der musikpsychologischen Forschung sei. Obwohl sich deren Erforschung bis in die Anfänge der modernen Biologie und Psychologie zurückzuverfolgen lässt, gibt es bis heute auch keine allgemein anerkannte wissenschaftliche Definition des Gefühls- bzw. Emotionsbegriffs.

Juslin (2013A) hat verschiedene verwandte Ausdrücke zusammengefasst und versucht, ihre Unterschiede aufzulisten, wobei sich eine gewisse Schwierigkeit bei der Kategorisierung der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion ergibt. Er geht davon aus, dass musikalische Emotionen alles von Vorlieben (Präferenz) und Emotionen bis hin zu affektiven und ästhetischen Bewertungen umfassen können. Sie alle hätten aber die folgende Gemeinsamkeit: Ein positives oder negatives evaluatives Gefühl gegenüber einem Objekt, einer Person oder einem Ereignis. In Bezug auf musikalische Emotionen betonen viele Wissenschaftler die Erregung, um Emotionen von rein kognitiven Bewertung zu unterscheiden (Frijida & Scherer, 2009), aber die Erregung kann von kaum wahrnehmbar (Präferenz) bis hin zu sehr spürbar (Emotion) reichen (Juslin, 2013A).

Pessoa (2008) argumentiert, dass die Unterteilung des Gehirns in ein kognitives und ein emotionales Gehirn auf der Grundlage des vorhandenen Wissens über die Gehirnfunktion und die Interaktivität des Gehirns von Natur aus problematisch sei. Bereits im Säuglingsalter und in der frühen Kindheit interagierten nicht nur die funktionellen und neuronalen Mechanismen von Kognition und Emotion, sondern auch die funktionelle Organisation des Gehirns sei integriert (Pessoa, 2008; Wolfe & Bell, 2007). Tatsächlich seien nicht nur die traditionell als emotional angesehenen Hirnregionen an kognitiven Prozessen beteiligt, sondern auch die gemeinhin als kognitiv angesehenen Hirnregionen seien an der emotionalen Verarbeitung beteiligt. Somit sei jede kognitive und emotionale Gehirnregion ein komplexer Bereich, der an vielen Funktionen beteiligt sei. Immer mehr Teile des Gehirns, die Emotionen beeinflussen, würden entdeckt. So würden beispielsweise Kognition und Emotion auch von den hinterem Kleinhirnlappen bedient (Schmahmann, 2000, 2001; Schmahmann & Pandya, 2008).

Es gibt zwei Begriffe, die immer wieder verwechselt werden: Es sind der subjektive Zustand, den Musik beim Hörer hervorruft und die Repräsentation von Emotionen durch Musik. Musik selbst kann Emotionen hervorrufen, aber Musik selbst ist nicht emotional. Der subjektive Zustand, den Musik beim Hörer auslöst, bezieht sich auf die individuelle emotionale Reaktion auf die Musik. Die Repräsentation von Emotionen durch Musik bezieht sich dagegen auf die Fähigkeit der Musik, Emotionen zu vermitteln oder

auszudrücken. In Bezug auf den musikalischen Ausdruck können unterschiedliche Ansätze existieren, je nachdem, wie wir das Konzept des Ausdrucks definieren. Es gibt verschiedene Interpretationen darüber, welche Art von emotionalen Inhalten ein Hörer in der Musik wahrnehmen kann oder was Musik selbst ausdrückt (Juslin, 2013B). Diese Interpretationen werden von verschiedenen Faktoren wie individuellen Unterschieden, kulturellen Einflüssen und persönlichen Erfahrungen beeinflusst.

Bei den alltäglichen Emotionen gibt es oft eine Dichotomie zwischen rationalem und emotionalem Verhalten, die oft als Gegensätze angesehen werden, wobei ersteres mit Vernunft und Logik und vielen Dingen assoziiert wird, die nur dem Menschen eigen sind und letzteres mit tierischen Leidenschaften (Henle, 1962). Diese Dichotomie wird durch Formulierungen wie „benutze deinen Kopf" und „reagiere intuitiv" ausgedrückt. Rationales Verhalten ist zielorientiert und wird allgemein als vorsichtig, berechnend und bewertend beschrieben, während emotionale Reaktionen als leidenschaftlich, unbesonnen und impulsiv gelten. Trotz dieser scheinbaren Trennung entstehen Vernunft und Emotionen in der realen Welt nebeneinander, denn die meisten Menschen erleben Situationen, in denen rationale Entscheidungen durch emotionale Voreingenommenheit überlagert oder verwischt werden (Goel & Dolan, 2003). Es kann sein, dass wir durch rationales Urteilsvermögen keinen emotionalen Schäden ausgesetzt sind, aber ohne emotionalen Antrieb können wir nichts machen (Damasio, 1997). Diese emotionale Funktionsweise wurde vor allem bei Patienten mit Hirnschäden nachgewiesen, zum Beispiel von dem Neurowissenschaftler Damasio, der den Fall eines Patienten beschrieb, bei dem ein Tumor auf der Rückseite seiner Stirn wuchs (Damasio, 1997), der von einem Gehirnchirurgen erfolgreich vollständig entfernt wurde. Obwohl die Operation erfolgreich war, sagten diejenigen, die den Patienten gut kannten, dass er nach der Operation nicht mehr derselbe Mensch war, denn er habe ein ganz anderes Temperament bekommen. Das Verhalten des Patienten zeigt: Intellektuell war er genauso intelligent wie vorher, aber er konnte sich seine Zeit nicht mehr einteilen; er lebte in Kleinigkeiten und hatte den Sinn für Prioritäten verloren. Kritik von anderen in der Umgebung konnte ihm nicht helfen. Schließlich verlor er seine Tätigkeit als Jurist. Intelligenztests zeigten keine Probleme mit seinen psychischen Fähigkeiten. Er musste sich an Neurowissenschaftler wenden, um die möglichen neurologischen Ursachen seiner Probleme zu finden. Damasio (1997) war schockiert, als er feststellte, dass dem mentalen Wissenssystem des Patienten ein Element fehlte: Obwohl seine Logik, sein Gedächtnis, seine Aufmerksamkeit und andere kognitive Fähigkeiten normal funktionierten – es ihm also nicht an Intelligenz fehlte – hatte er tatsächlich kein Gefühl für das, was mit ihm geschah. Damasio (1997) stellte die These auf, dass das Problem darin bestanden habe, dass das Denken des Patienten zu objektiv gewesen wäre, dass er sich seiner eigenen Gefühle gegenüber den Dingen kaum bewusst gewesen wäre und dass sein Denken daher fehlerhaft gewesen sei. Der Verstand des Patienten sei wie ein Computer gewesen: Er habe jeden Schritt genau berechnen können, wenn er eine Entscheidung habe treffen müssen. Aber er wäre dann nicht mehr in der Lage gewesen, den verschiedenen Möglichkeiten unterschiedliche Werte zuzuordnen. Jede Wahl wäre für ihn neutral gewesen. Der Patient wäre nicht mehr in der Lage gewesen, eine Wahl zu treffen. Wenn die Gefühle beeinträchtigt seien, sei auch die Entscheidungsfähigkeit beeinträchtigt. Damasio (1997) ist der Meinung, dass emotionale Reaktionen bei der Entscheidungsfähigkeit eine wichtige

Rolle spielten und dass Personen mit Schädigungen in Gehirnregionen, die für die Verarbeitung von Emotionen und Gefühlen verantwortlich seien, Schwierigkeiten bei der Entscheidungsfähigkeit haben könnten.

Durch die wissenschaftliche Erforschung von Emotionen sowohl in der Psychologie als auch in den Neurowissenschaften sind die Ergebnisse nicht nur Produkte rein subjektiver Erfahrungen. Viele klinische Forschungen über Emotionen sind teilweise auch in der Neurobiologie verwurzelt. Für Neurowissenschaftler ist unter anderem die Frage von Interesse, ob bei Nostalgie, die durch Musikhören hervorgerufen wurde, die Hirnregionen aktiviert werden, die mit einer neuronalen Gedächtnisaktivität in Verbindung stehen, wie etwa dem Hippocampus. Der Hippocampus ist ein Teil des Gehirns, der dem limbischen System angehört, welches sich im Zentrum des Gehirns befindet und eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung von Emotionen, Motivation und Gedächtnis spielt (Koelsch, 2015).

Die Frage, ob bestimmte Musik oder bestimmte Arten von Musik bestimmte emotionale Reaktionen hervorrufen können, ist derzeit ein beliebt diskutiertes Forschungsthema. Ein Weg zur Erforschung bewusster Emotionen, d. h. von Gefühlen[63], ist die verbale Selbstauskunft. Dies stellt ein methodologisches Hindernis für die Untersuchung 'bewusster' Emotionen bei Tieren dar. Verhaltensweisen und physiologische Reaktionen sind zwar keine bewusst erlebten Emotionen, aber sie tragen indirekt zu den Emotionen bei. Ob Tiere Emotionen oder gar Gefühle erleben, ist eine schwierige, vielleicht sogar unlösbare Frage, da es möglich wäre, dass sie sich mit zukünftigen Forschungsmethoden nicht beantworten ließe. Da Verhaltensweisen und physiologische Reaktionen jedoch einen wichtigen Beitrag zur Erforschung von Emotionen leisten, kommt den Forschungen an Tieren eine wichtige Rolle zu, wenn es darum geht zu verstehen, wie Emotionen im Gehirn verarbeitet und reguliert werden. Die Verwechslung der Schaltkreise, die direkt Gefühle erzeugen, mit den Schaltkreisen, die diese Gefühle indirekt beeinflussen, behindert die Bemühungen, Emotionen und Gefühle zu verstehen. Die Anerkennung der Unterschiede in diesen Schaltkreisen wird es ermöglichen, dass Tierstudien einen nachhaltigen Einfluss auf das Verständnis menschlicher Emotionen und Gefühle haben werden, wenn die Forschung voranschreitet.

Trotz dieser Einschränkungen gab es große Fortschritte in der damit verbundenen Neuroimaging-Forschung. Es gibt die Hypothese, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion zur Kategorie der musikalischen affektiven Ästhetik gehöre (Konečni, 2007; Scherer, 2004; Grewe et al., 2009). Es zeigt sich, von der durch die Spiegelneuronenforschung in der bildenden Kunst inspirierten Neuroästhetik beeinflusst, auch eine Tendenz der Verlagerung des Schwerpunkts der Neuroimaging-Forschung von der Erforschung der Wahrnehmung, Kognition und Emotion von Musik, hin zu einer neuroästhetischen Untersuchung und Analyse von Musik (Brattico, 2022; Hodges, 2016). So berücksichtigt die Neuroimaging-Forschung, die sich lange Zeit nur auf Wahrnehmung, Kognition und Emotionen in der Musik konzentrierte, die ästhetischen Reaktionen wie Gefallen, Vorlieben und ästhetischen Urteile, wobei die bestehenden

[63] Die Unterscheidung von Emotion und Gefühl wird im folgenden Kapitel 5.2 "Zum Problem der Definition von Emotionen" ausführlicher diskutiert.

Informationsverarbeitungsmodelle die Stufen der Informationsverarbeitung, die die ästhetische Erfahrung von Musik beschreiben und ihre Lokalisierung im Gehirn zusammenfassen.

5.2 Zum Problem der Definition von Emotionen

Menschliche Emotionen haben sowohl eine angeborene als auch eine erworbene Komponente. Während basale Emotionen für das einfache menschliche Überleben von Bedeutung sind, müssen komplexe Emotionen durch zwischenmenschliche Kommunikation erlernt werden, so dass jeder Mensch eine andere Anzahl komplexer Emotionen und eine andere Vorstellung von Emotionen hat.

Obwohl die materielle Grundlage für das Erleben von Emotionen beim Menschen nur teilweise verstanden ist, wird allgemein angenommen, dass phylogenetisch frühere Teile des Gehirns – so insbesondere das limbische System – eine zentrale Rolle bei der Erzeugung von Emotionen spielen. Diese Strukturen kommen nicht nur beim Menschen vor, sondern sind auch in mehr oder weniger ähnlicher Form auch bei vielen Tierarten zu finden. Es ist könnte daher nicht auszuschließen sein, dass diese auch Emotionen wahrnehmen können. Es gibt zwar einige einzigartige Merkmale menschlicher Emotionen, aber zumindest auch einige Aspekte menschlicher Emotionen, die die Vergangenheit unserer Vorfahren präsentieren.

Darwin (1872) vertrat die Ansicht, dass menschliche Emotionen keine feststehenden Reaktionen seien, sondern das Ergebnis einer Millionen Jahre währenden kontinuierlichen Evolution und dass sie für unser Überleben äußerst wichtig seien. Angst ermöglicht es den Lebewesen beispielsweise, sich zielstrebig von Schaden fernzuhalten. Freundschaft, Mitgefühl und Freundlichkeit stärken die Solidarität der Gemeinschaft, erhöhen die Überlebenswahrscheinlichkeit und harmonisieren die Beziehungen zwischen den Menschen in einer Bevölkerung. Wut hingegen kann Mut machen und den Menschen kampfbereiter werden lassen. Neid und Eifersucht fördern bessere Arbeit, aber natürlich können Neid und Eifersucht auch negative Auswirkungen auf die Menschen haben und Gefahr oder sogar Mord verursachen.

Die evolutionäre Emotionsforschung ist ein Zweig der evolutionären Psychologie. Dieser Forschungsansatz entwickelte sich seit 1980 sehr schnell und geht davon aus, die angeborenen und folglich vererbten Emotionen des Menschen seien das Ergebnis der Evolution. Dieser Ansatz sieht den Zweck solcher Emotionen im Prozess der menschlichen Phylogenese, um die Funktionsweise der Emotionen beim heutigen Menschen, dem Homo sapiens, zu erklären (Tooby & Cosmides, 2008). Die evolutionäre Emotionsforschung betrachtet die angeborenen Emotionen des Menschen in Bezug auf ihren Anpassungswert für die Vorfahren des heutigen Homo sapiens. Auf diese Weise geht das Studium des evolutionären Verhaltens über den Bereich einer reinen Psychologie, die sich als Humanwissenschaft versteht, hinaus und impliziert, dass die Schlussfolgerungen und Erklärungsansätze in die Phylogenie und die Zoologie reichen.

Der evolutionären Emotionsforschung zufolge entwickeln sich angeborene Emotionen durch das Zusammenspiel evolutionärer Faktoren (insbesondere Mutation, Rekombination und Selektion) während der Phylogenese zu ihrer heutigen Form. Unabhängig davon, welche Emotionen angeboren und welche erworben sind, wird allgemein anerkannt, dass der Mensch mit angeborenen Emotionen auf die Welt kommt.

Die Fähigkeit, diese Emotionen zu haben, ist also in den Genen gespeichert, eine genetische Disposition. Diese emotionalen Reaktionen sind unwillkürlich und geschehen einfach automatisch. Mit anderen Worten: Einige Emotionen bereiten uns darauf vor, mit wichtigen Ereignissen umzugehen, ohne dass wir darüber nachdenken müssen.

Jaak Panksepp (1998; 2000) geht davon aus, dass Emotionen subjektive Erfahrungszustände seien, die aus dem Gesamtmechanismus des Gehirns entstünden. Emotionen stünden zwar in engem Zusammenhang mit Gedächtnis und Lernen, seinen aber kein davon abgeleitetes Epiphänomen. Die Tätigkeit des Gehirns zeige sich nicht nur als ein allgemeiner Zustand der Gehirnaktivierung, sondern habe auch den Charakter einer Wahrnehmungsklassifikation. Selbst bei einfachen Annäherung-Vermeidungs-Reaktionen bei Tieren gebe es bestimmte Kategorien von Emotionen. Panksepp (2010B) nennt sieben emotionale Kategorien: Suchen, Wut, Angst, Lust, Bindung, Panik und Spielen. Er behauptet, dass diese Emotionen angeboren seien, sie von uns und den Tieren gemeinsam besessen würden und ihr Auftreten oft unbewusst sei.

Der Wert einer Emotion bemisst sich einerseits an den Folgen einer Emotion (oder des daraus resultierenden Verhaltens) für das Überleben und für die Fortpflanzung des Organismus selbst und andererseits in Hinblick auf die Folgen des Verhaltens für die betroffenen Organismen (z. B. die Nachkommen), die ebenfalls einen Teil der Gene des Organismus tragen. In dieser Hinsicht hat sich die Gänsehaut-Reaktion in der gesamten Menschheitsgeschichte erhalten und hat dort ihren natürlichen Platz. Streng genommen bezieht sich der Begriff „angeborene Emotionen“ jedoch nur auf die genetische Veranlagung (Gene), die den Menschen befähigt, Emotionen zu haben. Es gibt aber auch Emotionen, die nicht angeboren, sondern erworben sind. Allerdings ist es möglich, dass sich die Intelligenz, Emotionen zu erleben, im Laufe der Geschichte entwickelt hat. Forschung dazu, warum sich diese Reaktion erhalten hat, wäre eine gute Ergänzung zur Untersuchung der evolutionären Emotionen.

Die erworbenen Emotionen werden im Prozess der Interaktion konstruiert: Die Emotionen von Säuglingen entwickeln sich in der Interaktion mit ihren Pflegepersonen und werden von Bedeutung sein. Die Emotionen von Erwachsenen werden in ähnlicher Weise durch laufende Interaktionen mit anderen geprägt: Partner konstruieren ihre eigenen Emotionen als Reaktion aufeinander und den laufenden Austausch zwischen ihnen. Fremde passen sich schnell an die spontanen Reaktionen ihres Gegenübers an, um authentische Emotionen zu zeigen (Boiger & Mesquita, 2012). Erworbene Emotionen lassen sich am besten als ein laufender, dynamischer und interaktiver Prozess der sozialen Konstruktion betrachten (Boiger & Mesquita, 2012). Sie sind so etwas wie ein Programm, das, wenn es aktiviert ist, unser Verhalten verändern kann. Man geht davon aus, dass verschiedene Emotionen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Evolutionsgeschichte entstanden seien. Aber im Allgemeinen hätten sich diese Emotionen entwickelt, um uns zu bestimmten Handlungen zu ermutigen, die unsere Fähigkeit zu überleben oder uns fortzupflanzen verbessern und letztlich unsere Gene weitergeben, damit sie mit dem größten Vorteil an die nächste Generation vererbt werden könnten.

Obwohl manches emotional motivierte Verhalten unreflektiert erscheinen mag, ist das Bewusstsein tatsächlich ein wichtiger Teil der Erzeugung von Emotionen (Tomkins, 1962; Scherer, 1982). Die neurowissenschaftliche Forschung hat bestätigt, dass alle Säugetiere einschließlich des Menschen emotionale Reize unbewusst verarbeiten können (MacLean, 1990; Panksepp, 2010). Die unbewusste Verarbeitung von emotionalen Reizen kann bei Individuen instinktive emotionale Verhaltensweisen hervorrufen (MacLean, 1990). Das Leben ist ein Wertesystem, so dass die Situationen, in denen der Organismus interagiert und die Handlungen, auf die er reagiert, mit Emotionen und Gefühlen verbunden sind, die die grundlegenden Werte der Regulierung eines autopoietischen Gleichgewichts widerspiegeln. Wenn das Bewusstsein auftaucht, haben die Gefühle den größten Einfluss; wenn die Reflexion auftaucht, kann die Vernunft zwar die Regulierung des autopoietischen Gleichgewichts optimieren, indem sie die Emotionen kontrolliert, aber der Motor der Vernunft muss immer noch von den Gefühlen aktiviert werden, was bedeutet, dass die Vernunft niemals rein und allein in der Lebensaktivität sein kann. Praktisch jedes Bild, ob tatsächlich wahrgenommen oder erinnert, wird von einer Reaktion des emotionalen Apparates begleitet (Damasio, 1999).

Frijda und Zeelenberg (2001) sehen Emotionen als eine Möglichkeit, das Selbstbewusstsein zu stärken. Emotionen werden oft von physiologischer Erregung begleitet, die uns hilft, uns ihrer bewusst zu werden und so unsere Gefühle besser zu verstehen. Dies geschieht beispielsweise, indem sie uns hilft, fundierte Entscheidungen zu treffen, wahrheitsgemäß zu reagieren und unser Selbstverständnis zu vertiefen. Doch was Frijda und Zeelenberg (2001) als grundlegende Emotionen betrachten, beschränkt sich auf Wut, Freude, Scham, Traurigkeit und Angst. Andere Emotionen, wie Eifersucht und Schuldgefühle, haben nicht die gleiche biologische Notwendigkeit. Nachdem sie die Regeln für den Ausdruck von Emotionen klar definiert und beschrieben haben, argumentieren sie, dass wir ihr Entstehen und ihr Wachsen vorhersagen könnten. Unser rationales Selbst interpretieren sie in Analogie zu einem Barometer, dass unsere emotionalen Zustände anzeige, um unser psychisches Wohlbefinden sicherzustellen. Sie fügen hinzu, dass unser emotionales und rationales Selbst nicht völlig voneinander getrennt seien, sondern viel enger miteinander verbunden seien, als es scheine. Frijda und Zeelenberg (2001) unterscheiden klar zwischen Emotionen und Gefühlen und auch Scherer (1995) macht einige Unterscheidungen: Nämlich, dass Emotionen sich unserer Kontrolle entziehen, dass sie spontan auftreten, dass sie uns jederzeit an ihre Anwesenheit erinnern und dass wir körperliche Veränderungen spüren, wenn sie auftreten, z. B. wenn wir eine Spannung im Bauch spüren, wenn wir Angst haben. Aus diesem Grund behaupten Frijda und Kollegen, Emotionen seien im Wesentlichen unbewusste Prozesse (Frijda, Kuipers & ter Schure, 1989). Gefühle sind unsere Interpretation von Emotionen, die eine bewusstere Komponente enthalten. Auch wenn wir ein bestimmtes Gefühl haben, können wir noch denken und entscheiden. Wir lassen uns leichter von unseren Emotionen manipulieren als von unseren Gefühlen. Frijda und Kollegen weisen auch darauf hin, dass sich Emotionen und Gefühle auf unterschiedliche Weise äußern könnten. Emotionen bereiteten uns auf Handlungen vor: Wenn wir mit einer schrecklichen Situation konfrontiert seien, könnten sie unserem Körper helfen, sich z. B. auf Kampf oder Flucht vorzubereiten. Andere Menschen könnten unsere Gefühle durch unser Verhalten verstehen oder

zumindest erahnen. Es könne jedoch sein, dass unsere Gefühle nicht mit unserem Verhalten übereinstimmten, da wir uns so verhielten, dass wir unsere Gefühle verbergen würden.

Damasio und Carvalho (2013) haben auch Gefühle und Emotionen unterschieden. Gefühle seien psychische Erfahrungen von Körperzuständen. Sie markierten physiologische Bedürfnisse, z. B. Hunger, Gewebeschäden, z. B. Schmerz, optimales Funktionieren, z. B. Glück, Bedrohungen für den Organismus, z. B. Angst oder Wut, oder spezifische soziale Interaktionen, z. B. Sympathie, Dankbarkeit oder Liebe (Damasio & Carvalho, 2013). Gefühle bildeten einen wichtigen Teil der Mechanismen, die das Leben vom Einfachen zum Komplizierten regulieren. Die neuronalen Substrate seien von Gefühlen auf allen Ebenen des Nervensystems zu finden, von Neuronen bis hin zu subkortikalen Kernen und kortikalen Bereichen. Damasio (1988) definiert Emotionen als eine Sammlung von Reaktionen des Organismus, die Reaktionen auf Handlungen des Organismus seien, um seine Haltung gegenüber dem anderen zu offenbaren und die daher in der Regel vom anderen beobachtbar seien. In diesem Sinne würden auch Zell-Reaktionen als Emotionen gelten, und Emotionen erforderten nicht, dass der Organismus ein Nervensystem habe. Das Folgende sind Damasios Kriterien, die Emotionen auszeichnen:

- Emotionen sind in der Regel automatisch, reflexiv, vererbt und werden auf eine bestimmte Weise ausgeführt.
- Emotionen sind in der Regel offenkundig und sichtbar. Auch wenn einige Komponenten des emotionalen Prozesses nicht sichtbar sind, so sind sie doch mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden sichtbar zu machen, z. B. durch Labortests für Hormone oder die Erfassung elektrophysiologischer Wellenformen.
- Emotionale Reaktionen haben offensichtliche Funktionen, wie z. B. die Vermeidung gefährlicher Reize und die Annäherung an günstige Reize oder das Ausdrücken von Einstellungen und Reaktionen wie Wut, Angst, Ekel usw. gegenüber anderen, wodurch deren Einstellungen und Reaktionen beeinflusst werden.

Scherer (2004, 2005) entwickelt ein Komponentenmodell, demzufolge ein emotionales Ereignis aus gleichzeitigen Veränderungen von vier Hauptkomponenten besteht: physiologische Erregung, motorischer Ausdruck, Verhalten und subjektive Gefühle. LeDoux (1995, 1996) vertritt die Meinung, dass jede emotionale Reaktion aus unterschiedlichen Gründen entstünde und dass es eindeutig unterschiedliche Gehirnsysteme geben müsse, um diese verschiedenen Arten von emotionalen Reaktionen zu verarbeiten. Er klassifiziert diese verschiedenen emotionalen Reaktionen und ihre Funktionen einheitlich als emotionale Reaktionen, z. B. solche, die mit Kampf, Nahrungsaufnahme, Sexualität und sozialen Beziehungen zu tun haben und andere als kognitiv-funktionale Verhaltensweisen, z. B. logisches Denken, abstraktes Denken, Problemlösung und Begriffsbildung. Die Verwendung eines Etiketts, wie z. B. affektives Verhalten, führe jedoch nicht zwangsläufig zu der Annahme, dass alle mit diesem Etikett versehenen Funktionen durch ein einziges System im Gehirn vermittelt würden; Sehen und Hören seien beides sensorische Funktionen, die jedoch jeweils ihre eigenen neuronalen Mechanismen hätten.

Das von LeDoux (1996) vorgeschlagene neuronale Zwei-Wege-Modell legt nahe, dass emotionale Reize nicht nur kognitiv-bewusst und langsam, sondern auch schnell und automatisch verarbeitet werden

können. Spätere empirische Studien haben bestätigt, dass die menschliche Emotionsverarbeitung tatsächlich stattfinden kann, ohne dass sich die Versuchspersonen des Prozesses bewusst sind (Dolan, 2003).
Der Standardmodus des Gehirns ist auch für die Unbewusstheit von Emotionen verantwortlich (Raichle et al., 2001). Die Entdeckung des DMN hat das seit langem bestehende Interesse an der Bedeutung anhaltender oder intrinsischer Aktivität im Gehirn neu entfacht. Die Untersuchung der intrinsischen Gehirnaktivität, die gemeinhin als Ruhezustand bezeichnet wird, spielt derzeit eine wichtige Rolle bei der Erforschung von Gesundheit und Krankheit des menschlichen Gehirns und das Standardnetzwerk des Gehirns spielt dabei eine zentrale Rolle.

Juslin (2013) beschreibt, dass Emotionen insbesondere kurze, intensive und sich schnell verändernde Reaktionen auf potenziell wichtige Ereignisse seien. Es handele sich um solche, die intern oder extern vermittelt würden, wobei diese Reaktionen eine Reihe von Komponenten umfassten (kognitive Veränderungen, subjektive Gefühle, Ausdrucksverhalten und Handlungstendenzen), die während einer emotionalen Episode mehr oder weniger gleichzeitig auftreten.

Vergleicht man diese wichtigen Positionen zur Emotion, so steht im Wesentlichen fest, dass wir über angeborene neuronale Bahnen für die Erzeugung physiologischer Emotionen bei Sinneswahrnehmungen verfügen, bei denen Reize physiologische Emotionen direkt durch parallele Übertragung an das limbische oder paralimbische System hervorrufen, neben den speziellen Bahnen für die Erzeugung von Erkennungsempfindungen. Die Kombination der beiden bildet eine Vielfalt von Sinneswahrnehmungen. Es besteht eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen der Art der Reize und den von ihnen ausgelösten angenehmen oder unangenehmen Emotionen. Darüber hinaus werden emotionale Erfahrungen oft durch visuelle und auditive Informationen erzeugt und im Gegensatz zu sensorischen Wahrnehmungen fehlt der emotionalen Natur emotionaler Erfahrungen die Kohärenz mit visuellen oder auditiven sensorischen Afferenzen. So kann beispielsweise der Anblick eines Bären im Wald und der Anblick eines Bären im Zoo zwei emotionale Erfahrungen völlig entgegengesetzter Art hervorrufen, nämlich Angst oder Interesse.

Es ist zwar bekannt, dass emotionale Prozesse häufig von körperlichen Veränderungen und deren Wahrnehmung begleitet werden und dass die Assoziation verschiedener Emotionen mit verschiedenen Formen von viszeralen Veränderungen und Gesichtsausdrücken ein hohes Maß an Stabilität aufweist, was die Körperwahrnehmung zu einem wichtigen Faktor bei der Unterscheidung zwischen verschiedenen emotionalen Erfahrungen macht (Scherer & Wallbott, 1994). Aber während die Bedeutung der Körperwahrnehmung für das emotionale Erleben bestätigt wird, ist die Angemessenheit der Körperwahrnehmung als emotionales Erlebnis fraglich. Ein einfaches Gegenbeispiel ist, dass, wie Kalat und Shiota (2007) betonen, auch viele nicht-emotionale Faktoren die Aktivität des sympathischen Nervensystems beeinflussen können, wie z. B. kurze und hastige Atmung oder schneller Herzschlag, wenn man eine Reihe von Treppenstufen hinaufgeht (Kalat & Shiota, 2007). Es ist klar, dass die Körperwahrnehmung an diesem Punkt nicht emotionaler Natur ist. Dies deutet darauf hin, dass die körperliche Wahrnehmung als emotionale Erfahrung nicht ausreicht. William James (1890) argumentiert, dass ohne die körperlichen Zustände, die der Wahrnehmung folgten, die Wahrnehmung eine rein kognitive Form sei. Sie sei blass, farblos und ohne

emotionale Wärme. Allerdings sei auch die Körperwahrnehmung selbst blass und kognitiv, wenn die Wahrnehmung der Muskelspannung und der Herzschlagbeschleunigung nicht emotional sei, die durch die Körperbewegung hervorgerufen werde.

Es könnte also sein, dass wir keine angeborenen neuronalen Bahnen haben, die direkt mit äußeren Reizen korrespondieren, um mentale Emotionen zu erzeugen. Dies wirft die Frage auf, welches die erworbenen Mechanismen sind, mit denen wir Emotionen erzeugen? Oder anders gefragt: Wie werden visuelle und auditive Prozesse mit der Aktivität einiger limbischer und paralimbischer neuronaler Strukturen verbunden? Sachs und Kollegen (Sachs et al., 2018) fanden Belege für unterschiedliche Aktivitätsmuster im auditorischen Kortex bei Angst, Freude und Traurigkeit. Aber keine der Studien war in der Lage, spezielle Muster der emotionalen Aktivität innerhalb der limbischen Regionen aufzuzeigen. Daher kommt eine weitere Frage auf: Wenn Emotionen in der emotionalen Erfahrung durch mentale Aktivitäten, ob bewusst oder unbewusst, figurativ oder abstrakt, wie Erwartung oder Bewertung erzeugt werden, wie erzeugt diese mentale Aktivität dann Emotionen? Da die menschlichen mentalen Prozesse, einschließlich höherer mentaler Prozesse wie der kognitiven Bewertung, in erster Linie auf der Grundlage neuronaler Aktivitäten ablaufen, die mit visuellen und auditiven Repräsentationen (einschließlich wörtlicher und phonologischer Repräsentationen der Sprache) beladen sind, bleibt diese zweite Frage im Wesentlichen die erste. Ausgehend von der Annahme, dass sowohl die Sinneswahrnehmung als auch das emotionale Erleben Komplexe trennbarer kognitiver und emotionaler Repräsentationen sind und dass ihre emotionalen Komponenten dieselben Gehirnsubstrate nutzen können, ist es möglich, davon auszugehen, dass bei Individuen die Erzeugung mentaler Emotionen zunächst eine konditionierte Reaktion auf physische Emotionen sein könnte.

LeDoux (2012) argumentiert zunächst, dass der Untersuchung von Emotionen in Hinblick auf die Überlebensfunktionen und -kreisläufe, die Menschen und andere Tiere gemeinsam haben, mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Er stellt auch fest, dass die Funktionen des Überlebenskreislaufs nicht kausal mit emotionalen Gefühlen zusammenhängen würden, aber eindeutig zumindest indirekt zu emotionalen Gefühlen beitrügen. Das Konzept des Überlebenskreislaufs integriere Ideen bezüglich Emotionen, Motivation, Verstärkung und Erregung durch Bemühungen, Herausforderungen zu erkennen und darauf zu reagieren, um zu verstehen, wie Organismen versuchen, in ihrem täglichen Leben zu überleben und sich zu vermehren. Aber dann stellt er seine eigenen Forschungen in Frage (Ledoux, 2016) und kommt zu dem Schluss, dass wir in Bezug auf Furcht und Angst falsch gedacht hätten. Dabei handele es sich nicht um angeborene Zustände, die darauf warteten, vom Gehirn freigesetzt zu werden, sondern um Erfahrungen, die wir kognitiv kombiniert hätten.

In der bewussten Erfahrung des Menschen gibt es immer einen Für-Mich-Aspekt. Dies ist der Aspekt, der nur dem Ich als Individuum direkt zugänglich ist. Rezeptivität ist nicht nur Wahrnehmungsfähigkeit, sondern auch die Fähigkeit, Wahrnehmungen oder Emotionen in Form subjektiver Unterscheidungen zu kategorisieren. Dies ist eine grundlegende Denkfähigkeit für die Bildung von Kategorien oder Konzepten. Sie ist eine zentrale Voraussetzung dafür, dass eine Intelligenz Bewusstsein hat (Markman & Dietrich, 2000). Nur eine Intelligenz mit Gefühlen kann aktiv und lebendig sein. In diesem

Sinne ist die grundlegendste Form des Bewusstseins, das Gefühl, das unsere Beziehungen zu anderen Menschen bewertet, Erinnerungen prägt und jeder Erfahrung einen Sinn verleiht (Juslin, 2013A), was wiederum dazu beiträgt, dass wir uns selbst als Individuen verstehen und uns in unserer Umgebung orientieren können.

Musik ist ein kognitives Produkt und wenn Musik als Stimulus betrachtet wird, ist es eine komplizierte Frage, ob die daraus resultierende Gänsehaut-Reaktion angeboren oder erworben ist. Früher wurde angenommen, dass Menschen, die einem Ereignis oder Reiz begegnen, zunächst dessen Bedeutung wahrnehmen und sich der positiven oder negativen Auswirkungen auf sich bewusst sein müssen, bevor die subjektiven Gefühle der Emotion ausgelöst werden und dass der Körper erst nach dem Erleben der subjektiven Gefühle die der Emotion entsprechenden physiologische Reaktion hervorbringt.

Entsteht eine unkontrollierbare bewusste Panik vor unserer Flucht oder wird sie von unserem Gehirn während der Flucht ausgelöst? Während die meisten Menschen ohne zu zögern für Ersteres plädieren würden, vertritt der Psychologe William James (1890) das Gegenteil. Die James-Lange-Theorie, die vom Begründer der amerikanischen Psychologie, William James und dem dänischen Arzt Carl Georg Lange (1885) entwickelt wurde, geht davon aus, dass emotionale Ereignisse unmittelbare physiologische und verhaltensmäßige Reaktionen hervorrufen und dass Menschen sich ihrer verhaltensmäßigen und physiologischen Veränderungen bewusst sein müssen, bevor sie diese kognitiv interpretieren können, um emotionale Gefühle zu erzeugen. Mit anderen Worten: Es gibt eine körperliche (emotionale) Reaktion, bevor es ein subjektives Gefühl gibt. Die Theorie besagt, dass bei der Aufnahme äußerer Reize zunächst eine körperliche (physiologische) Reaktion erfolgt, gefolgt von emotionalen Gefühlen im bewussten Bereich und, was noch wichtiger ist, sie betont, dass die sensorische Rückmeldung der körperlichen Reaktion die subjektiven Emotionen beeinflusst. Dieser Theorie zufolge haben wir Angst vor Giftschlangen, weil unser schneller Herzschlag und unsere Atmung uns verraten, dass wir Angst haben, wenn wir mit ihnen konfrontiert werden. Wenn wir uns unserer physiologischen Reaktionen nicht bewusst sind, ist unsere Angst stark reduziert. Das bekannteste Beispiel für diese Theorie ist die Begegnung mit einem Bären, bei der die erste Reaktion beim Anblick eines Braunbären darin besteht, in Panik zu geraten und zu versuchen, sich in Sicherheit zu bringen. Die James-Lange-Theorie besagt, dass Menschen, die einen Bären sehen, sich sofort umdrehen und weglaufen, während ihr Herz schnell schlägt und sie stark schwitzen, bevor sie merken, dass sie sich in einem Zustand extremer Panik befinden.

William James (1890) argumentierte, Emotionen seien die Wahrnehmung des Gehirns von Veränderungen der physiologischen Indikatoren des Körpers. In diesem Fall bestehe der eigentliche emotionale Auslöser darin, dass der Körper in dem Moment, in dem man einen Braunbären sehe, in einer instinktiven Selbstschutz-Reaktion beschließe, schnell vor dem Gefahrenfaktor wegzulaufen. Das Gehirn weise den Körper an, zu fliehen, bevor die Panik wahrgenommen wurde. Ein weiteres Beispiel für diese Grundidee ist, dass Glück durch Lächeln und Traurigkeit durch Weinen verursacht wird. James erklärte weiter, dass Emotionen ohne körperliche Eigenschaften nicht mehr existieren würden. Beispiele dafür, wie Emotionen durch Veränderungen physiologischer Indikatoren verändert werden, sind in unserem täglichen

Leben sehr häufig. Betrunkene Menschen geraten in einen so genannten Zustand des nicht unterdrückten Bewusstseins, wenn der Alkoholspiegel im Blut ein bestimmtes Niveau erreicht. Diese Veränderung der physiologischen Indikatoren hat erhebliche Auswirkungen auf die Stimmung. Gegen Ende einer entspannten Party kommt der Alkohol ins Spiel: Eine Person, die ruhig war, wird aufgeregt und redet sehr viel, eine Person, die gerade gelacht hat, kann plötzlich in Tränen ausbrechen, eine ruhige und gelassene Person wird wütend und reizbar. Die James-Lange-Theorie, die auch als periphere Theorie der Emotionen bekannt ist, betont, dass Emotionen als Produkt vegetativ-neuronaler Aktivität entstehen und dass emotionale Reize physiologische Reaktionen im Körper hervorrufen, die wiederum zu emotionalen Erfahrungen führen. Die James-Lange-Theorie sieht einen direkten Zusammenhang zwischen Emotionen und organismischen Veränderungen und betonte die Rolle des vegetativen Nervensystems bei der Erzeugung von Emotionen. Diese Theorie führt zu vielen Überlegungen in der Musikemotionsforschung: Wenn Musik eine Nachahmung der Natur ist, was imitiert dann die Musik, die Gefühle hervorruft: Ist sie eine Nachahmung eines äußeren Reizes, der eine Emotion auslösen kann, oder ist sie eine Nachahmung einer körperlichen Reaktion, die mit einer bestimmten Emotion verbunden ist?

Das *Crescendo* oder *Decrescendo* eines musikalischen Ereignisses ist beispielsweise eine Nachahmung eines sich plötzlich nähernden Objekts und soll uns alarmieren. Die genauen Antworten sind offen. Juslin vermutet allerdings, dass der Hirnstammreflex (*brain stem reflex*) an der Verarbeitung musikalischer Ereignisse beteiligt ist (Juslin & Västfjäll, 2008), die dann emotional aufgeladen werden können: Er bezeichnet dies als emotionale Ansteckung (*emotional contagion*). Es ist eine Abstraktion bestimmter morphologischer Merkmale vom musikalischen Ereignis. Diese Formen sind abstrakt, aber wir können sie bestimmten körperlichen Empfindungen zuordnen und ihnen dann einen emotionalen Ausdruck verleihen. Juslin vertritt die Meinung, die Resonanz, die Musik bei den Zuhörern hervorrufe, sei nicht einfach eine motorische Resonanz, sondern eine emotionale Ansteckung (*emotional contagion*), die durch die Verarbeitung von Klangmerkmalen und begrifflichen Assoziationen entstehe (Juslin & Västfjäll, 2008; Justin, 2019). Die emotionale Ansteckung hier ist das erste E vom BRECVEM-Modell. Diese Überlegung zur emotionalen Ansteckung hat die Unterstützung von andern Forschern erhalten. Purves (2017) verweist auf die Universalität von Dur und Moll, da sie eine sehr unterschiedliche emotionale Wirkung haben. Die emotionalen Farben, die durch Intensität, Tempo und Rhythmus hervorgerufen werden, scheinen sich aus der Assoziation mit menschlichen Verhaltensmerkmalen unter den entsprechenden Bedingungen zu ergeben.

Die James-Lange-Theorie wurde später von den amerikanischen Physiologen Walter Bradford Cannon und Philip Bard in Frage gestellt, die eine alternative Sichtweise vertraten und argumentierten, dass emotionale Prozesse nicht im bewussten Zentrum des Gehirns abliefen (Cannon, 1927). Cannons Forschungen zeigten, dass chirurgische Eingriffe, die das viszerale und das zentrale Nervensystem trennten, keine Gefühls- und Verhaltensänderungen hervorrufen und dass emotionale Gefühle und physiologische Reaktionen unabhängig voneinander sind: Stimuli wirken auf verschiedene Strukturen des Gehirns und erzeugen parallel physiologische Reaktionen und emotionale Gefühle, wobei erstere vom inferioren optischen Thalamus und letztere vom dorsalen Kern des optischen Thalamus abhängen: Die Cannon-Bard-

Theorie besagt im Prinzip, dass physiologische Erregung niemals notwendig ist, um emotionale Gefühle hervorzurufen und dass das Zentrum der Emotionen nicht im peripheren Nervensystem, sondern im Thalamus des Zentralnervensystems liege. Sie betont, dass die Enthemmung des Thalamus durch das Gehirn die vegetativen Nerven aktiviert und die physiologischen Reaktionen des Körpers verstärkt, was zu Emotionen führt. Äußere Reize lösen in den Sinnesorganen Nervenimpulse aus, die an den Thalamus weitergeleitet werden, der wiederum Nervenimpulse sowohl an das Gehirn als auch an das vegetative Nervensystem sendet und so das subjektive Erleben von Emotionen im Gehirn und physiologische Veränderungen im Individuum durch das vegetative Nervensystem bewirkt. Mit anderen Worten, das emotionale Erlebnis und die physiologische Reaktion treten gleichzeitig auf.[64]

Cannons Ideen inspirierten die Untersuchung der neuronalen Schaltkreise der Emotionen, die nach Papez (1937) aus dem Hypothalamus, dem anterioren Thalamuskern, dem Hippocampus und dem cingulären Kortex bestehen. Die Arbeiten von Papez wiesen allerdings darauf hin, dass das Bewusstseinszentrum des Gehirns keine wesentliche Struktur für den emotionalen Prozess darstellt.

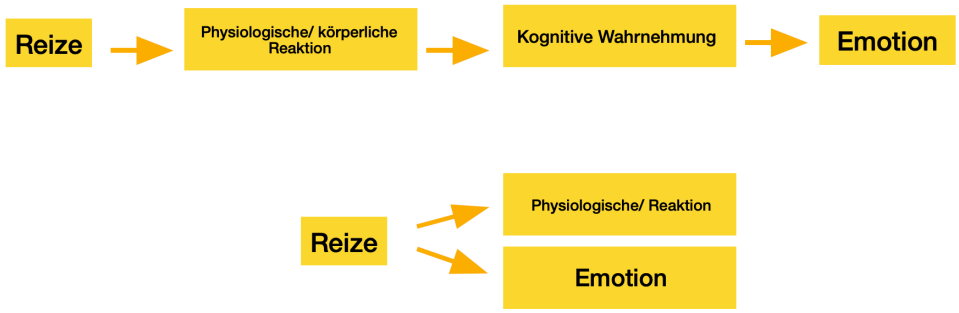

Abb. 5

Frühe Theorien über Emotionen waren vorwiegend biologischer Natur und wurden in erster Linie in der physiologischen Schule untersucht. 1960 erstellte Arnold (1960a, 1960b) dagegen das erste Bewertungs- bzw. Einschätzungs-Modell der Emotionen (*appraisal model of emotion*) und fügte die Kognition hinzu. Arnolds *Appraisal-Arousal-Theory* besagt, dass der grundlegende Prozess der Emotionsbildung die *Stimulus-Situation-Appraisal-Emotion* sei. Ein und derselbe Stimulus rufe unterschiedliche emotionale Reaktionen hervor, je nachdem, wie er eingeschätzt bzw. bewertet werde. Es handelt sich um eine Periode, die als Wendepunkt in der Emotionsforschung gilt, da sie die Wissenschaft der Emotionen von der Kontrolle des Behaviorismus wegführte (Gendron & Barrett, 2009) und sie auf ihren heutigen Weg brachte, indem sie die beiden konkurrierenden Hauptperspektiven konsolidierte, die im Wesentlichen die modernen psychologischen Ansätze zu Emotionen definiert haben. Diese grundlegende Dichotomie von Emotion und Einschätzung (*appraisal*) hatte einen enormen Einfluss auf die Emotionsforschung, indem sie die Fragen, die gestellt wurden, die Forschungsmotivation und die Interpretation der Ergebnisse prägte.

Später betont Damasio (1999) auch, dass Emotionen eine Kombination aus einem einfachen oder komplizierten Bewertungs- bzw. Einschätzungsprozess und einer dispositionellen Reaktion auf den

[64] Siehe Abbildung 5, oben: Die James-Lange-Theorie; unten: Die Cannon-Bard-Theorie

Bewertungsprozess seien. Emotionen entstünden durch die synergetische Aktivität der Großhirnrinde und subkortikaler Strukturen. Die kortikale Erregung sei die wichtigste Voraussetzung für emotionales Verhalten. Rückmeldungen aus der Peripherie würden in der Großhirnrinde bewertet, so dass rein kognitive Erfahrungen in wahrgenommene Emotionen umgewandelt würden. Emotionen und Kognition unterlägen der Kontrolle getrennter und teilweise unabhängiger Systeme, die auf vielfältige Weise interagieren könnten.

Auch für Juslin (2013) spielt die Bewertung (*appraisal*) in Form des *cognitive appraisal* eine Rolle. Allerdings betont er vielmehr das *aesthetic judgment* (ästhetische Urteil) in seinem BRECVEM-AC Modell. Das Modell nimmt an, dass die strukturellen Merkmale eines Musikwerks mit dem Wissen, der Erfahrung und den kontextuellen Merkmalen des Hörers interagieren, was zur Wahrnehmung des Musikwerks führt und die emotionale Rezeption durch das Individuums auslöst (Juslin, Liljeström, Västfjäll & Lundqvist, 2010), gefolgt von der ästhetischen Beurteilung des wahrgenommenen Musikwerks durch das Individuum auf der Grundlage individueller ästhetischer Kriterien (Juslin et al., 2016) und schließlich der Wahrnehmung verschiedener Arten oder Stile von Musik (Juslin et al., 016). Menschen fällen dann ästhetische Urteile über wahrgenommene Musikwerke auf der Grundlage ihrer individuellen ästhetischen Kriterien (Juslin et al., 2016) und bilden schließlich Präferenzen für verschiedene Arten oder Stile von Musik (Brattico et al., 2013).

Interaktionen und Beziehungen werden immer von den vorherrschenden Ideen, Bedeutungen und Praktiken, wie man zu sein hat und wie man sich zu anderen verhält, gerahmt. Dies sind kulturelle Muster, die die zentralen Werte, Ziele und Anliegen des Einzelnen prägen und daher den Kontext bilden, in dem Bewertungen gebildet werden (Ravignani & Madison 2017). Im letzten Jahrhundert gab es mehrere Modelle der Bewertung, bei denen Emotionen nicht nur reflexiv oder gewohnheitsmäßig durch Objekte ausgelöst werden, sondern vielmehr aus der sinnvollen Interpretation der Objekte entstehen (Arnold, 1960A; 1960B; Frijda, 1988). Einige Modelle der Bewertung gehen davon aus, dass Bewertungen spezielle kognitive Mechanismen sind, die sich auf Emotionen beziehen und dass Bewertungen automatisch ablaufen und nicht bewusst sein müssen (Barrett et al., 2007).

Die kognitiv-evaluative Theorie von Lazarus (1968, 1991B) geht davon aus, dass Emotionen ein Produkt der Interaktion zwischen Person und Umwelt sind. Bei der emotionalen Aktivität reflektiert die Person nicht nur die Auswirkungen von Stimuli in der Umwelt auf sie, sondern reguliert auch ihre Reaktion auf den Stimulus. Mit anderen Worten: Emotionen sind die vom Einzelnen als schädlich oder nützlich empfundenen Reaktionen auf die Umwelt. Daher müssen die Menschen ständig die Beziehung zwischen den Stimuli und sich selbst bewerten. Es gibt drei Evaluationsstufen: Primär-, Sekundär- und Reevaluation (Lazarus & Launier, 1978). Emotionale Aktivität muss durch kognitive Aktivität gesteuert werden, damit Menschen die Bedeutung von Stimuli aus der Umwelt verstehen und in der Lage sind, die geeignete Kombination von Handlungen, d. h. Handlungsreaktionen, zu wählen (Lazarus et al., 1980).

Das Denken ist ein Informationsverarbeitungsprozess und die kognitive Bewertung von Emotionen ist selbst eine Denkaktivität. Die höhere Verarbeitung aktueller Informationen hängt von der externen oder impliziten Aktivierung verschiedener mentaler Repräsentationen oder Darstellungen ab, z. B. konkret oder verbal, die aktuell und im Gehirn gespeichert sind (Zimbardo et al., 2006). Selbst hinter verbalen Konzepten

gibt es Verbindungen zu verschiedenen spezifischen visuellen, auditiven und taktilen Repräsentationen (Paivio, 1986). Es zeigt sich, dass die modalen Schaltkreise der sensorischen Repräsentationen, die vom Gehirn während des Denkens erzeugt werden, dieselben sind, die auch für damit verbundene Empfindungen und Wahrnehmungen verwendet werden (Behrmann & Tipper 1999). Obwohl es möglich ist, dass viele der Gedächtnisrepräsentationen, die während des Denkens aktiviert werden, nicht ins Bewusstsein gelangen, wurden die Aktivierung der neuronalen Muster, die diese Repräsentationen realisieren und ihre Auswirkungen auf das aktuelle Denken und andere Aspekte durch zahlreiche Studien bestätigt. Kognitive Bewertungsprozesse, die in Bezug auf Emotionen stattfinden, sind also keine Ausnahme und ihre bild- oder sprachbasierten Operationen können zur Aktivierung einiger alter Wahrnehmungsrepräsentationen führen, die mit der aktuellen Situation verbunden sind, entweder extern oder implizit. Sehr wahrscheinlich sind die meisten der zahlreichen Wahrnehmungsrepräsentationen, die in unserem Gehirn gespeichert sind, in der Vergangenheit direkt oder indirekt mit körperlichen Emotionen in Sinneswahrnehmungen verbunden gewesen. Wenn diese gespeicherten Wahrnehmungsrepräsentationen reaktiviert werden, können sie daher unter bestimmten Bedingungen auch die angenehmen oder unangenehmen körperlichen Emotionen aktivieren, mit denen sie verbunden waren und zusammen mit anderen mentalen Inhalten, die ins Bewusstsein gelangen, emotionale Erfahrungen bilden.

Es gibt aber die Meinung, dass die kognitive Bewertung zu langsam sei (Zajonc, 1980), dass kognitive Reiz-Reaktions-Muster flexibel seien, während emotionale Reiz-Reaktions-Muster starr (aber schnell) festgelegt seien (LeDoux, 1996). Emotionale Reaktionen könnten ohne umfangreiche wahrnehmungsbezogene und kognitive Kodierung erfolgen, hätten ein größeres Vertrauen als kognitive Urteile und könnten schneller vorgenommen werden, obwohl kognitive Bewertungen unbewusst bleiben könnten (Zajonc, 1980).

5.3 Von *Basic Emotions* zu *Core Emotions*

Später in den 1950er Jahren folgte der Gegensatz zwischen dem von Arnold (Arnold & Gasson, 1954) aufgestellten Modell der kognitiven Bewertung und dem von Tomkins (1962) entwickelten Modell der Basis-Emotionen. In den 1960er und 1970er Jahren unterschieden Izard (Izard, 1971, 1977, 1992, 1994) und Plutchik (1962, 1980) acht starke Grundtypen von Emotionen, die jeweils eine Reihe von Emotionen ähnlicher Art und abnehmender Intensität umfassen und verwendeten einen umgekehrten Kegel, um die Beziehung zwischen den drei Dimensionen darzustellen. Wie Darwin vertrat auch Plutchik die Auffassung, dass die grundlegenden menschlichen Emotionen ein Produkt der Evolution der Arten und eine Anpassung an den Überlebenskampf der Arten seien. Spätere Arbeiten von Ekman (Ekman, 1977; Ekman et al., 1978; Ekman, 1992A, 1992B, 1993, 1994) leisten einen weiteren Beitrag zur Entwicklung des Basis-Emotionen-Modells. Bezüglich der Basis-Emotionen sind sie von derjenigen Position zu unterscheiden, die darauf besteht, dass es separate Emotionen gibt, die sich in wichtigen Punkten voneinander unterscheiden. Aus dieser Perspektive unterscheiden sich Angst, Wut, Ekel, Traurigkeit und Verachtung, die alle als negative

Emotionen gelten, in ihrer Bewertung, ihrer Kausalität und Folgen, ihren möglichen Verhaltensreaktionen, ihrer Physiologie und anderen, weiter unten beschriebenen Merkmalen, voneinander. In ähnlicher Weise unterscheiden sich Freude, Stolz, Zufriedenheit, Erleichterung und Erfüllung, die als positive Emotionen gelten, voneinander. Diese Sichtweise der Basis-Emotionen steht im Gegensatz zu denjenigen, die Emotionen als im Wesentlichen als gleich ansehen, die sich nur in ihrer Intensität oder Annehmlichkeit unterscheiden (Ekman, 1977; Ekman et al., 1978; Ekman, 1992A, 1992B, 1993, 1994; Juslin, 2013A).

Paul Ekmans Emotionstheorie (Ekman, 1992B) gehört zu den Basis-Emotionsmodellen. Diese Idee geht auf ein früheres Grundverständnis von Emotionen zurück, das von W. McDougall (1908, 1960, 1920) begründet wurde. Die meisten Forscher gehen seit langem davon aus, dass der Mensch mit einigen Basis-Emotionen geboren wird, in der Regel Angst, Wut, Traurigkeit, Glück, Ekel und Interesse. Jede Basis-Emotion ist eine ganzheitliche Reaktion (einschließlich körperlicher Erregung, subjektiver Erfahrung und Verhalten oder Verhaltenstendenzen), die von einem unabhängigen, angeborenen Hirnapparat erzeugt wird, obwohl sie auch von Erfahrungen beeinflusst wird. Einige Emotionen, z. B. Schüchternheit, Eifersucht und Schuldgefühle, die komplexere Emotionen sind, können aus mehreren Basis-Emotionen zusammengesetzt sein (Colombetti, 2009; Damasio, 1994; Damasio, 1999; Ekman, 1980; Ekman, 2003). Einige Meta-Analysen neurowissenschaftlicher Forschungen zu den Basis-Emotionen belegen jedoch nicht, dass spezifische Strukturen im Gehirn entstehen, die den verschiedenen Grundemotionen bzw. Basisemotionen entsprechen (Murphy et al., 2003; Phan et al., 2002).

Ekman listet sechs Basis-Emotionen auf, die seiner Meinung nach in allen menschlichen Kulturen universell erlebt werden und die wir alle empfinden: Glück, Traurigkeit, Ekel, Angst, Überraschung und Wut (Ekman, 1992A, 1992B). Er geht davon aus, dass diese Basis-Emotionen über Unterschiede in Sprache, Region, Kultur und Rasse hinausgehen. Obwohl die sechs universellen Emotionen getrennt darzustellen sind, gibt es keine Emotion als einzelnen affektiven oder psychologischen Zustand. Stattdessen bestehen Emotionen aus einer Familie verwandter emotionaler Zustände, die Variationen eines gemeinsamen Themas sind.

Ekman erklärt, warum sie als basal zu betrachten sind: Diese Emotionen sind diskret (Ekman & Davidson, 1994) und jede Emotion ist grundsätzlich von den anderen unterscheidbar, indem man Mimik, Intonation, Neurologie, Physiologie und die Untersuchung der Ereignisse, die der Emotion vorausgehen, verwendet. Diese Basis-Emotionen haben sich durch die Anpassung an unsere Umwelt entwickelt und diese Anpassung spiegelt sich nicht nur in der Phylogenie der Spezies wider, d. h. in der Art und Weise, wie der Mensch im Laufe seiner Stammesgeschichte auf seine grundlegende Lebensumgebung reagiert, beispielsweise wenn er in Not ist. Es spiegelt auch den Beitrag der Ontogenese der Spezies wider, die einstellungsbedingten Reaktionen auf jede emotionale Erfahrung, die kognitiven Repräsentationen, die als Reaktion auf jede emotionale Reaktion präsentiert werden und die Bewältigungsmechanismen, die mit den Emotionen umgehen und die hervorgerufenen emotionalen Reaktionen als Ergebnis der Erfahrungen unserer Vorfahren in früheren Umgebungen bewerten.

Die sehr komplizierten Emotionen, die heutige Organismen aufweisen, könnten sich wahrscheinlich im Laufe der Phylogenese aus weniger komplizierten oder wenigen einfachen Basis-Emotionen (z. B. primitiven Emotionen) entwickelt haben. Im Extremfall beginnt die Geschichte der Emotionen mit nur einer einzigen Basis-Emotion. Primäre Emotionen können jedoch zu verschiedenen Zeiten in der Stammesgeschichte entstanden sein, und es gibt meiner Meinung nach keinen Grund anzunehmen, dass diese Entwicklung abgeschlossen ist.

Ein weiterer Beitrag von Ekman ist FACS,[65] ein anatomisch begründetes System zur Beschreibung aller visuell erkennbaren Gesichtsbewegungen, das ein Beispiel für den Übergang von der theoretischen und labortechnischen Erforschung von Emotionen hin zur praktischen Anwendung ist. Auch wenn FACS heutzutage in Frage gestellt wird, so gibt es aber kein anerkanntes effektives System, das es kurzfristig ersetzen könnte. Ohne über den Bereich der Psychologie zu sprechen, wird die Theorie der Basis-Emotionsmodelle (nicht nur von Ekman und Izard, sondern auch von einer Reihe von Psychologen wie Damasio) noch lange Zeit die Praxis des Alltags und der Mensch-Computer-Interaktion dominieren. Der Unterschied besteht darin, dass das Modell der kognitiven Bewertung mit seiner Auffassung von Emotionen als Nebenprodukt leichter auf die zeitgenössische kognitionswissenschaftliche Forschung und die Emotionsregulierung anwendbar ist. Ein Bereich, der für Ekmans Auffassung schwer zugänglich ist.

Seit der Veröffentlichung von Ekmans Theorie der Grundemotionen haben zahlreiche Forscher die Konzepte der Grundemotionen zur Untersuchung musikalischer Emotionen herangezogen. Krumhansl konnte experimentell belegen, dass Instrumentalmusik im Alltag Grundemotionen hervorrufen kann (Krumhansl, 1997). Diese Grundemotionen in der Musik können kulturübergreifend identifiziert werden und zeigen in musikalischen Kontexten einen hohen Grad an kulturübergreifender Übereinstimmung auf. Im Gegensatz dazu weisen nicht grundlegende Emotionen eine geringere kulturübergreifende Übereinstimmung auf. Basisemotionen sind explizite Bestandteile vieler Theorien über musikalische Emotionen nicht-westlicher Musik (Fritz et al., 2009; Laukka et al., 2013; Becker, 2004; Juslin, 1997; Vieillard et al., 2008).

Aufgrund dieser Übereinstimmungen wird in einigen Fällen für die Anwendung von Grundemotionen in der Musikforschung plädiert. Obwohl die Kategorisierung dieser Grundemotionen grob sein könnte, scheint sie dennoch eine zufriedenstellende Einigung zwischen den Beurteilern zu erzielen (Juslin, 1997). Der Ansatz der Grundemotionen prognostiziert eine kategoriale Wahrnehmung von Emotionen und eine höhere Übereinstimmung oder Genauigkeit der Hörer bei der Dekodierung von Emotionen wie Freude, Traurigkeit, Wut, Angst und Zärtlichkeit (Juslin, 1998).

Der Gedanke, dass Basis-Emotionen im musikalischen Ausdruck privilegiert sind, bedeutet jedoch nicht, dass andere Emotionen nicht in der Musik vermittelt werden können. In einigen Fällen scheint es möglich zu sein, dass Musik komplizierte Emotionen vermitteln kann. Scherer (2004) ist der Meinung, dass es gefährlich sei, die Bewertung von musikalischen Emotionen auf einige wenige vorgegebene Grundemotionen zu beschränken. Sowohl die Reizsituation, die die Grundemotion auslöst, als auch die Reizsituation, die die Gänsehaut-Reaktion hervorruft, führen in etwa zu den gleichen Veränderungen des

[65] Abkürzung für *Facial Action Coding System*

Blutflusses in den Gehirnregionen (Goldstein, 1980). Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass sie in ihren jeweiligen phänomenalen Erfahrungen und evolutionären Bedeutungen gleich sind. Besonders gemäß Konečni entsteht die Gänsehaut-Reaktion tatsächlich durch die damit einhergehenden Grundemotionen, die aber meist nichts damit zu tun haben (Konečni, 2005; 2007; 2011).

Eine begrenzte Anzahl diskreter Emotionen kann immer noch nicht das gesamte Spektrum menschlicher Emotionen abdecken (Kaernbach, 2015). Im Gegensatz dazu stehen kontinuierliche Modelle von Emotionen, die sich von den Basis-Emotionen durch die Unterteilung der Emotionen in repräsentative Kategorien in einem als kontinuierlich aufgefassten zwei- oder dreidimensionalen Emotionsraum unterscheiden, wie z. B. Russells *circumplex model of affect* (Russell, 1980), das aus einer zweidimensionalen zyklischen Struktur besteht, die durch Valenz und Erregung gekennzeichnet ist. In den letzten zehn Jahren haben Russell (1980, 2003) und Barrett (2006) die Sichtweise von angeborenen Basis-Emotionen aus verschiedenen Perspektiven, u. a. der Neurowissenschaft, der Phänomenologie und der Linguistik, eingehend in Frage gestellt. Sie argumentieren, dass die besonderen Reaktionen auf jede typische Emotion ein stabiles Muster verwandter Reaktionen sein können, die von Natur aus durch eine Reihe verschiedener Mechanismen organisiert werden. Sie vertreten die Ansicht, dass die Hypothese der Basis-Emotionen die Entwicklung der Emotionsforschung behindert habe und sind der Meinung, dass der Kernaffekt (*core affect*), der sich aus Valenz (angenehm und unangenehm) und Erregung zusammensetzt, der zentrale Baustein sei, der ein breiteres Spektrum an emotionaler Aktivität umfasse und dass dieser Kernaffekt ein biologisch entwickelter, alter, grundlegender und primitiver Mechanismus sei. Spezifische Emotionen hingegen begönnen in der Regel mit einer plötzlichen Veränderung der Kernemotion als Reaktion auf ein Ereignis. Sie argumentieren, dass die Aufgabe der Emotionsforschung darin bestehen solle, jede einzelne Komponente der Emotion und die Beziehungen zwischen ihnen empirisch zu untersuchen und zu erklären. Repräsentiert beispielsweise die horizontale Achse der Emotionsebene das Erregungsniveau und definiert die vertikale Achse als die positive und negative Valenz der Emotionen, so sind viele Emotionen um den Ursprung herum verteilt und bilden einen Ring. Der Affekt wird als eine Reihe von Phänomenen betrachtet, zu denen Emotionen gehören, die typischerweise auf einer Achse von negativ bis positiv bewertet werden. Darüber hinaus wird der Definition, die das Ringmodell der Emotion darstellt, ein Grad an Erregung hinzugefügt, um sie von der reinen Kognition zu unterscheiden (Russell, 1980).

Die Theorien oder Modelle der emotionalen Dimensionen versuchen nicht den Ursprung oder die Wechselwirkungen von Emotionen zu erklären, aber es wird zumindest erwartet, dass sie eine ausführliche Beschreibung von Emotionen liefern. Wie der Ansatz der Basisemotionen wird dieses Modell auch zur experimentellen Untersuchung musikalischer Emotionen verwendet, wobei einzelne Emotionen, wie schon erwähnt, als Punkte in einem zwei- oder dreidimensionalen Raum behandelt werden, in dem die Probanden Emotionen, die in der Musik ausgedrückt werden durch Mausbewegungen in den beiden Dimensionen sowohl Erregung (*arousal*) und als auch Wert (*value, valence*) im emotionalen Raum verorten (Purves, 2017). Die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, kann als plötzliche Veränderung der Aktivierung interpretiert werden, aber sie scheint keine feste Valenz zu haben. Sie kann von fröhlicher oder

trauriger Musik begleitet werden, was darauf hindeutet, dass die Interpretation der Valenz nachgelagert passiert und kontextabhängig ist.

Die positive und negative Valenz von Emotionen ist natürlich eine ganz wichtige Orientierung aber leider sind die musikalischen Merkmale, die ausreichen, um diese axiale Ebene zu bestimmen, relativ unklar. Dur-Tonarten drücken in der Regel positive und Moll-Tonarten negative Emotion aus, es gibt dennoch viele Ausnahmen. Verlässlicher ist möglicherweise die tonale Rauheit (Purves, 2017), wobei harmonische Töne im Allgemeinen positive Emotionen und raue Töne negative Emotionen ausdrücken könnten. Warum die Rauheit eines Tons die emotionale Wertigkeit bestimmen kann, liegt möglicherweise daran, dass viele Wirbeltiere brüllen, um Feindseligkeit zu zeigen, den Druck in der Brust- und Bauchhöhle zu erhöhen, um die Wirbelsäule vor einem Angriff zu stabilisieren und um Unruhe während eines Angriffs zu vermeiden. Ein lauter Schrei in Ekstase oder die raue, magnetische Stimme eines Jazzsängers sind zum Beispiel allesamt Ausdruck positiver Emotionen. Die Komplexität musikalischer Emotionen in Richtung positiver und negativer Valenz zeigt (Kaernbach, 2015), dass die Antworten auf die beiden Fragen, ob und warum wir beim Musikhören positive oder negative Gefühle empfinden und ob Musik positive oder eine negative Emotionen ausdrückt, nicht unbedingt dieselben sind. Für Musikforscher und -liebhaber ist das *circumplex model* der Emotionen sowohl einfach als auch wichtig, da eine Reihe von entsprechenden musikalischen Merkmalen entlang jeder der beiden Dimensionen dieser emotionalen Ebene verallgemeinert werden kann. Mit anderen Worten, musikalische Emotionen können sowohl vertikal als auch horizontal entlang diesen Axen bewegt werden, indem bestimmte musikalische Merkmale entsprechend manipuliert werden. Musikpsychologen haben frühere Forschungen über Emotionen zusammengetragen und die entsprechenden musikalischen Merkmale in einem *circumplex model* der Emotionen eingeordnet (Juslin & Timmers, 2010). Mit Hilfe einer solchen Merkmalsanalyse lassen sich zwei Richtungen von musikalischen Merkmalen verallgemeinern. Je höher die Lautstärke, je schneller das Tempo, je mehr Pausen und je ungleichmäßiger der Rhythmus, desto höher ist der Grad der Erregung, den die Musik ausdrückt. Umgekehrt, je niedriger die Lautstärke, je langsamer das Tempo, je mehr legato und je gleichmäßiger der Rhythmus, desto niedriger ist der Grad der Erregung, den die Musik ausdrückt.

Juslin (2013A) merkt an, dass Dimensionsmodelle erklären müssten, warum es eine kategoriale Wahrnehmung des emotionalen Ausdrucks gibt, wenn Emotionen als kontinuierliche Dimensionen behandelt werden. Sie müssten auch erklären, warum einige Emotionen leichter auszudrücken und zu erkennen sind als andere, wenn alle Emotionen auf dieselben kontinuierlichen Dimensionen gestellt werden könnten. Eine Theorie der Dimensionsmodelle muss zeigen, dass es so viele identifizierbare emotionale Kategorien im musikalischen Ausdruck gibt, wie es mögliche Bewertungs-Kombinationsergebnisse gibt. Aber Juslin argumentiert, dass dies eine vermutlich schwer zu bewältigende Aufgabe sei.

So wurde beispielsweise diskutiert, ob die durch Musik evozierten Arten von Freude, als grundlegende Emotion, als dieselbe Art von Freude zu betrachten sind. Die Analyse einer Neuroimaging-Studie zeigte, dass verschiedene Kategorien von Basis-Emotionen anhand von Aktivitätsmustern in verschiedenen intrinsischen und funktionellen Netzwerken vorhergesagt werden konnten (Wager et al.,

2015). Dies deutet darauf hin, dass Emotionen, die durch nicht-musikalische Reize hervorgerufen werden, aus Interaktionen zwischen Systemen entstehen, die nicht ausschließlich emotionale Prozesse, wie Gedächtnis, Aufmerksamkeit und Handlung unterstützen. Durch Musik hervorgerufene Emotionen unterscheiden sich möglicherweise von den eher prototypischen Basis-Emotionen dadurch, dass sie stärker auf sensorischer oder ästhetischer Verarbeitung beruhen. Zentner und seine Kollegen haben musikalische Emotionen als ästhetische Emotionen eingestuft und argumentiert, dass es sich zwar um beides handele, die Freude an der Musik aber nicht dieselbe Freude als grundlegende Emotion sei (Zentner et al., 2008). Eine weitere Position betrachtet Ruhe und Anspannung als wichtige kategoriale Einheiten, die sich bei musikinduzierten Emotionen erwiesen haben (Clayton et al., 2004). Sie scheinen offensichtliche Folgen des typischen psychologischen Zustands von Musikhörern zu sein, in dem Musikhörer von den physischen und psychischen Bedrohungen der realen Welt losgelöst sind. Wir können davon ausgehen, dass Irritation oder Wut auf Musik am ehesten dann entsteht, wenn Menschen mit Musik konfrontiert werden, die sie nicht verstehen oder nicht mögen. Ein gutes Beispiel dafür ist Heavy Metal. Es ist allgemein anerkannt, dass Heavy Metal der Prototyp für Musik ist, die eher Aggressionen auslösen kann. Allerdings ruft Heavy Metal bei denjenigen, die sich damit identifizieren keine Wut hervor. Lediglich die Hörer, die Heavy Metal nicht mögen, weisen negative Emotionen auf, wenn sie diese Musikrichtung hören (Gowensmith & Bloom, 1997).

5.4 Musik evoziert Emotionen

Eine weit verbreitete Ansicht ist, dass Musik aufgrund ihres Rhythmus, ihrer Melodie und ihrer Harmonie klar erkennbare Emotionen ausdrückt. Gleichzeitig wirken sich in musikalischen Kompositionen die verschiedenen Elemente oft nicht separat auf die musikalische Stimmung aus, sondern wirken zusammen, um eine bestimmte Stimmung zu erzeugen. Die Vielfalt der Musik löst ständig eine Vielzahl von Emotionen und Empfindungen aus, die wiederum eine besondere Art von psychologischer Erfahrung hervorrufen. Diese Gefühle sind oft angenehm, aber nicht immer (Habibi & Damasio, 2014).

Es war Hermann von Helmholtz (1863), der als erster einige der Gemeinsamkeiten in der menschlichen Wahrnehmung von Harmonie aus der Perspektive der musikalischen Akustik beschrieb. Cookes Arbeit (Cooke, 1959) deckte zumindest in der westlichen Kultur auch bestimmte Gemeinsamkeiten zwischen Musik und Emotionen auf, wo Dur- und Moll-Melodien und Harmonien die emotionalen Reaktionen der Menschen auf Musik weitgehend beeinflussen. Akkordfolgen in Dur werden oft mit positiven Gefühlen assoziiert, während Akkordfolgen in Moll oft mit negativen Gefühlen verbunden sind. Laut Cooke könnten manche Intervalle Emotionen hervorrufen (Cooke, 1959), dabei müsse zwischen harmonischen und melodischen Intervallen unterschieden werden. Die genaue Bestimmung der Emotionen erfolge zusätzlich durch Rhythmus, Tempo usw. Diese Vorstellung sei universell bzw. allgemein und nicht kulturell bedingt. Musik könne daher als eine angeborene Sprache der Gefühle angesehen werden, die jeder verstehen könne. Allerdings gab es für Cookes Thesen zu seiner Zeit keine ausreichenden empirischen Untersuchungen, um seine Theorie zu stützen. Heutzutage belegen vielen empirische Untersuchungen, dass der Ausdruck von

Basis-Emotionen, auch in der nicht-westlichen Musik universell erkannt wird (cf. Fritz et al., 2009). Gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass emotionale Reaktionen auf bestimmte Intervalle erlernt werden müssen.

Unterschiedliche musikalische Emotionen werden im Wesentlichen durch unterschiedliche Klänge bestimmt. Ein (harmonischer) Klang, d. h. ein musikalischer Ton, hat vier perzeptuelle Eigenschaften: Tonhöhe, Lautstärke, Tondauer und Klangfarbe, die physikalisch durch Grundfrequenz, harmonischer Frequenzzusammensetzung, Amplitude und die Wellenform der Schallwelle bestimmt werden. Innerhalb eines bestimmten Bereichs gilt folgendes: je größer die Amplitude, desto stärker bzw. lauter und erregender der Klang; je niedriger die Amplitude, desto schwächer bzw. leiser und ruhiger der Klang. Jede Instrumentengattung hat eine typische Wellenform und Klangfarbe, die mit der Qualität der Materialien und Struktur der Instrumente zusammenhängt. Die verschiedenen Klangfarben können unterschiedliche Gefühle hervorrufen. Jedes Musikstück besteht jedoch aus einer Kombination verschiedener Töne, so dass die Emotion eines jeden Stücks durch die Klangfarbe, die Harmonie, das Tempo und die melodische Komposition der Töne zum Ausdruck kommt. Darüber hinaus bestimmt die Vertrautheit (*familiarity*) mit westlicher Musik auch die Stärke der Assoziation zwischen Dur und glücklich sowie zwischen Moll und traurig (Kivy, 1980). Harrison und Pearce (2019) fügen noch hinzu, dass akustische Faktoren wie Interferenz und Periodizität bzw. Harmonizität, die zur Wahrnehmung bestimmter, mit einem Klang verbundener Emotionen beitragen können, entweder harmonisch oder rau sein können. Beide Faktoren hängen mit der Frequenzzusammensetzung eines Klangs zusammen, die entweder geordnet und daher angenehm zu hören ist, oder zu dicht und daher unangenehm zu hören ist.

Zusätzlich zu dem Prozess von der Produktion des Komponisten bis zur Rezeption durch den Hörer gibt es eine weitere Ebene, die ästhetische Beurteilung. Juslin (2013A) hat später, diese Einsicht berücksichtigend, BRECVEM zu BRECVEM-A[66] erweitert. Das A steht für das ästhetische Urteil über Musik. Es bewertet einerseits die Schwierigkeit und die Perfektion der Ausführung der kreativen Technik, die der Komponist oder Interpret benötigt, um eine bestimmte Stimmung zu vermitteln und andererseits das eigene Bewusstsein und die Beherrschung dieser Bewertung durch den Hörer. Wenn beide gut aufeinander abgestimmt sind, empfindet der Hörer ein tiefes Gefühl der Zufriedenheit und des Vergnügens und kann die ästhetische Stimmung des Stücks würdigen. Das Erkennen des Inhalts der Musik allein lässt den Hörer nur wissen, dass sie zum Beispiel traurig oder fröhlich ist.

Ein gängiger Ansatz zur Untersuchung emotionaler Reaktionen auf Musik, ist der Versuch eine direkte Verbindung zwischen Oberflächenmerkmalen der Musik (z. B. dem Rhythmus) und der Reaktion des Hörers herzustellen. Patrick Juslin und Kollegen (Juslin & Västfjäll, 2008; Juslin, 2019) haben untersucht, wie Musik Emotionen hervorrufen könnte. Sie haben verschiedene Mechanismen postuliert, die durch das Akronym BRECVEM charakterisiert werden und durch die Musik direkt Emotionen hervorrufen kann. Diese Mechanismen stellen eine Antwort auf die Frage dar, wie Musik Emotionen im Menschen hervorrufen kann.

[66] vgl. Juslin, 2013A, Kapitel 3, S. 246

Es geht um die Aufklärung des Ursache-Wirkungs-Verhältnisses und eine Zurückführung auf Mechanismen auf die Verbindung mit funktionalen neuroanatomischen Strukturen.

Musik kann in gewissem Sinne Emotionen ausdrücken (Gabrielsson & Juslin, 2003; Juslin & Laukka, 2004; Juslin, 2013B). Dies legen die Ausführungen von Juslin und Laukka (2003) über den stimmlichen Ausdruck und die musikalische Darbietung nahe. Musik könne dem Hörer die Genauigkeit einzelner Emotionen vermitteln, ebenso wie die spezifischen emotionalen Muster, die verwendet würden, um die akustischen Hinweise jeder Emotion zu vermitteln. Diese Meinung stimme im Allgemeinen mit den theoretischen Vorhersagen von Scherer (1986) überein. Diese Ergebnisse könnten erklären, warum Musik als Ausdruck von Emotionen angesehen werde.

Des Weiteren besteht die Frage, welche Emotionen Musik ausdrücken kann. Meyer (1956) war der Meinung, dass große Terzen fröhlich klängen und kleine Sexten Traurigkeit hervorriefen. Obwohl diese Ansicht relativ konsistent ist, fehlt es ihr an Beweisen (Scherer, 2001). Das kann daran liegen, dass sie gemäß verschiedener Autoren von sozialen Umständen und persönlichen Vorlieben beeinflusst wird, da emotionale Erfahrung von Musik insgesamt durch die überwiegende Mehrheit unterschiedlicher Faktoren erworben ist. Erstens ist die durch Musik induzierte Emotion eng mit der Kultur verbunden, denn was in einer Kultur traurig ist, muss in einer anderen nicht als traurig wahrgenommen werden. Es macht daher wenig Sinn, über die mit Musik verbundenen Emotionen außerhalb ihres kulturellen Kontextes zu sprechen. Ein westlicher Hörer, der seine Kultur überhaupt nicht verändert hat und der beispielsweise indigene afrikanische oder australische Musik hört, wird höchstwahrscheinlich nicht in der Lage sein, die damit verbundenen Gefühle zu artikulieren. Die durch Musik ausgelösten Emotionen beruhen auf den akustischen Eigenschaften dieser und werden durch kulturelle Einflüsse und die Persönlichkeit des Hörers beeinflusst. Darüber hinaus wird die emotionale Qualität einer Melodie in den meisten Merkmalen von Musik, wie Intensität, Tempo und Rhythmus, zumindest teilweise durch die physische Nachahmung von Merkmalen, die in bestimmten Emotionen im menschlichen Verhalten zum Ausdruck kommen, vermittelt (Bowling et al., 2010). Jones und Kollegen sind ähnlicher Meinung, dass die emotionale Wirkung von Musik auf einer Vielzahl von Faktoren, darunter Intensität, Tempo, Rhythmus und tonalen Beziehungen, beruht (Jones et al., 2010). Obwohl unklar ist, wie und warum bestimmte Tonbeziehungen in der Musik unterschiedliche emotionale Wirkungen hervorrufen, scheint sich die durch Intensität, Tempo und Rhythmus hervorgerufene emotionale Färbung aus Assoziationen mit menschlichen Verhaltensmerkmalen unter den jeweiligen Bedingungen, wie beim ***e****valuative conditioning* aus Juslins BRECVEM, zu ergeben. Beim ***e****valuative conditioning* werden Emotionen durch wiederholte Paarung von zwei unabhängigen Reizen ausgelöst. Dabei wird ein spezifischer musikalischer Stimulus mit einer positiven oder negativen Erfahrung assoziiert (Juslin & Västfjäll, 2008). Zum Beispiel, wenn ein Musikstück mehrmals mit einem bestimmtem Ereignis verknüpft wird, wird dieses Musikstück bei späterem Hören mit den Emotionen, die mit dem Ereignis assoziiert sind verbunden, selbst wenn das Ereignis tatsächlich nicht stattfindet.

Zurück zu BRECVEM: ***V****isual imagery* ist das V in BRECVEM. *Visual imagery* bezieht sich auf die Verbindung von mit Musik evozierten visuellen Vorstellungen, die in der Folge Emotionen hervorrufen

können. Die weite Verbreitung von Geräuschen, die eine Gänsehaut-Reaktion begleiten, kann leicht zu einer Angstreaktion führen. Nicht aufgrund des Geräusches selbst, sondern wegen der erlernten Assoziationen, die eine eine visuelle Vorstellung wiederum eng mit dem Gedächtnis verbinden. Episodisches Gedächtnis (***e**pisodic memory*) ist das zweite E in BRECVEM. Es besagt, dass Musikstücke – wie im Fall von Nostalgie – an vergangene persönliche Erfahrungen und die damit verbundenen Emotionen erinnern. In der Gedächtnis- und der Kognitionsforschung ist es eine interessante Frage, ob zuvor gelernte, mit Nostalgie in Verbindung stehende Musikstücke, leichter abrufbar sind als die nicht mit Nostalgie in Verbindung stehenden.

Gedächtnis und Vorstellung spielen in Form von *episodic memory* und *visual imagery* eine wichtige Rolle in Juslins BRECVEM-Modell. Eine häufige emotionale Reaktion, die auch mit Erinnerungen verbunden ist, ist die Nostalgie (Juslin, 2013A). Auffallend ist die große Bedeutung der Nostalgie unter den musikalisch hervorgerufenen Emotionen. Dieser rätselhafte Befund lässt sich besser verstehen, wenn man die Funktion der Musik im täglichen Leben betrachtet. Eine der am häufigsten genannten Funktionen von Musik im Alltag besteht beispielsweise darin, die Menschen an ein wertvolles vergangenes Ereignis zu erinnern (North et al., 2004; Sloboda & O'Neil, 2001). Diese Ergebnisse deuten nicht nur auf eine Verbindung zwischen den Funktionen von Musik und musikbezogenen Emotionen, sondern auch auf die vermittelnde Rolle von Gedächtnis und Vorstellungskraft bei der Auslösung musikalischer Emotionen hin (Konečni et al., 2008).

Über das Gedächtnis hat Koelsch (2011) sich bei der Erklärung der musikalischen Bedeutung geäußert. Das Gedächtnis hängt, aus der auf psychische Prozesse bezogenen Perspektive der Informationsverarbeitung betrachtet, von der Art der Aktivierung, Speicherung, Bedeutung der Informationen, Aktivierung von Repräsentationen, Auswahl der Informationen sowie Integration dieser ab. Das Prinzip kann folgendermaßen beschrieben werden: Beim Hören alter Musikstücke wird ein Teil der gespeicherten persönlichen Erlebnisse als Erinnerung aktiviert, die dann zur nostalgischen Stimmung führt. Ein im episodischen Gedächtnis gespeichertes Erlebnis wird als Erinnerung durch ein Musikstück aktiviert, und es kommen im nächsten Schritt Emotionen hinzu.

Ein Gedächtnisprinzip besagt, dass eine Handlung am leichtesten und zuerst vergessen wird, dann folgt die logische Ursache und Wirkung der Sache und schließlich zum Schluss das entsprechende Gefühl oder die Empfindung. Deshalb ist es immer besser, etwas auswendig zu lernen, als es zu verstehen. Wenn wir das Vermächtnis eines verstorbenen Verwandten oder Freundes sehen, werden wir unweigerlich von Gefühlen überwältigt. In einem bestimmten kulturellen Kontext werden, den kulturellen Mustern entsprechend, bestimmte Dinge in gleicher Weise mit bestimmter Musik assoziiert.

Juslin und seine Kollegen sprechen von Mechanismen, die mit dem BRECVEM-Modell charakterisiert werden, aber der Ausdruck scheint mehrdeutig verwendet zu werden. Einmal bezieht sich der Ausdruck auf psychische Prozesse wie musikalische Erwartung oder visuelle Vorstellung (*musical expectancy, visual imagery*); dann hat er eine physiologische Bedeutung, indem vom Hirnstammreflex (brainstem reflex) gesprochen wird. Es lässt sich jedoch feststellen, dass bei der Durchführung einer klaren

konzeptuellen Trennung der Ausdruck „Mechanismen“ bei Juslin und Kollegen psychologisch, im Sinn von mentalen Operationen und zunächst nicht physiologisch zu verstehen ist. Ausdrücke wie *musical expectation* oder *episodic memory* sind also zunächst als mentale Operationen zu verstehen, deren neuronale Korrelate im Weiteren zu erforschen sind. Der Ausdruck „Mechanismus“ wird also in den Arbeiten Juslins anders als in der Biologie oder in den Neurowissenschaften verstanden.

5.5 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als ein Indikator für starke Emotionen

In den letzten 20 Jahren sind die Bemühungen, eine umfassende Klassifizierung musikalischer Emotionen zu entwickeln, in den Hintergrund getreten. Stattdessen wurden diese durch Untersuchungen spezifischer Aspekte emotionaler Reaktionen auf Musik ersetzt, wie z. B. die Gänsehaut-Reaktion (Guhn et al., 2007; Konečni et al., 2007; Panksepp, 1995), durch Musik ausgelöste intensive Erfahrungen (Gabrielsson, 2001; Gabrielsson & Lindström, 2003; Gabrielsson, 2006), alltägliche Musiknutzung (Juslin & Laukka, 2004; Laukka, 2007; Sloboda & O'Neill, 2001) oder das Neuroimaging von Emotionen in der Musik (Koelsch et al., 2006). Komplexe Emotionen können Komponenten enthalten, die normalerweise als gegensätzlich angesehen werden. Es hat sich etwa gezeigt, dass Ehrfurcht gebietende Reize, die eine Chill- bzw. Gänsehaut-Reaktion auslösen, Hirnareale stimulieren, die an Euphorie und Belohnung beteiligt sind, gleichzeitig aber auch physiologische Anzeichen von Traurigkeit hervorrufen können (Kaernbach, 2015).

Gänsehaut, auch bekannt als „Hühnerhaut“, ist ein körperliches Phänomen, das auftreten kann, wenn wir starke Emotionen erleben. Es ist wichtig zu beachten, dass Gänsehaut selbst keine Emotion ist, sondern ein Indikator oder eine Reaktion auf emotionale Erregung. Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion ist nur von kurzer Dauer, besteht jedoch aus einer Reihe von Reaktionen. Es handelt sich um einen Prozess, der über den rein visuell beobachtbaren Teil hinausgeht und eine Reihe von physiologischen und psychologischen Reaktionen umfasst. Zu nennen sind z. B. eine erhöhte Herzfrequenz und Muskelspannung. Nicht jeder, der Musik hört, bekommt eine Gänsehaut-Reaktion. Zu den Emotionen, die durch Musik ausgelöst werden, gehören nicht nur die Basis-Emotionen, sondern auch viele andere Emotionen, abhängig vom Auslöser des Grundmechanismus der Emotion (Juslin, 2013A). Der Unterschied zwischen musikalischen Emotionen und alltäglichen Emotionen variiert zwischen Gruppen mit unterschiedlichen musikalischen Vorlieben (Zentner et al., 2008). Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion ist ein Hinweis auf eine starke emotionale Reaktion und diese ist nur eine der Emotionen. So klassifiziert Scherer (2004) die mit der Gänsehaut-Reaktion in Verbindung gebrachten Emotionen als starke Emotionen , die sich von anderen Emotionen unterscheiden. Starke emotionale Gefühle scheinen physiologische und motorische Reaktionen sowie eine kognitive Bewertung des Stimulus zu beinhalten (Sloboda, 1991).

Die Klassifikation von durch Musikhören ausgelösten Emotionen ist ein beständiges Thema der musikpychologischen Emotionsforschung. Die starken mit der Gänsehaut-Reaktion verbundenen Emotionen treten nicht nur beim Musikhören auf; es gibt sie auch beim Genuss von visueller Kunst oder Literatur

(Goldstein, 1980). Zentner und Kollegen (Zentner et al., 2008) untersuchten, welche Emotionen am häufigsten durch Musik hervorgerufen werden. Sie analysierten, ob die durch Musik hervorgerufenen Emotionen sich als ästhetischen Emotionen signifikant von den Alltagsemotionen unterscheiden. Hunderte von Probanden hörten verschiedene Arten von Musik wie Klassik, Jazz und Rock. Die Forscher erfassten den prozentualen Anteil der emotionalen Zustände der Probanden während des Musikhörens. Im Zuge dessen wurde ein spezifisches Werkzeug zur Messung von musikalisch ausgelösten Emotionen eingeführt, die sogenannte *Geneva Emotional Music Scale* (Zentner et al., 2008). Die *Geneva Emotional Music Scale* (GEMS) ist eine Skala, die zur Messung musikalisch ausgelöster Emotionen entwickelt wurde. Mit 45 Vektoren und neun Abbildungen von Gesichtern enthält sie ebenfalls Fragen zu einer breiten Palette von Musik. Sie erfasst musikalisch ausgelöste Emotionen besser und umfassender als bisherige Verfahren. Die Skala umfasst Verwunderung, Freude, Kraft, Transzendenz, Zärtlichkeit, Nostalgie, Ruhe, Traurigkeit und Spannung. Die ersten drei dieser Emotionen – Verwunderung, Freude, Kraft – gehören zur Kategorie der Vitalität, während die letzten sechs zur Kategorie der Erhabenheit gehören. GEMS bietet ein nützliches Instrument zur Messung ästhetischer Emotionen, die mit den traditionellen dimensionalen und Basis-Emotionsmodellen nicht untersucht werden können. In einigen wenigen experimentellen Studien wurden auch elektrophysiologische oder Gesichtsanalysen eingesetzt, um auch objektive physiologische Indikatoren für musikalisch hervorgerufene Emotionen zu nutzen.

LeDoux (2003) weist darauf hin, dass das generelle Fehlen von Angst bei durch Musik hervorgerufenen Emotionen wirklich überraschend ist. Wenn man sich jedoch auf die angstauslösende Wirkung von Musik bezieht, z. B. beim Anschauen eines Horrorfilms, wenn die niederfrequenten Trommeln allmählich beschleunigt werden, können wir zunehmend nervös werden und unser Herzschlag kann sich zusammen mit einer Reihe anderer physiologischer Reaktionen erhöhen (Cohen, 2001).

Während Ehrfurcht (*awe*), obwohl diese Emotion manchmal im Zusammenhang mit Musik und anderen Künsten angeführt wird (Haidt & Keltner, 2003; Konečni, 2005), in den Basisemotionsmodellen zu fehlen scheint, werden sowohl Transzendenz (z. B. sich überwältigt fühlen) als auch Staunen mit Ehrfurcht assoziiert (Konečni, 2005; 2007). Inspiration und Verwunderung (z. B. Ergriffenheit, Bewunderung) werden beide mit ihr in Verbindung gebracht. Es ist zu beachten, dass die derzeitigen affektiven Elemente der Musik kein direktes Gegenstück zu Glück im allgemeinen Sinne enthalten. Stattdessen nimmt durch Musik hervorgerufene Freude entweder die Form von Glückseligkeit oder Rausch an, wie bei Staunen oder Vergnügen, einer seltsamen, jedoch universellen Form des Freude, die mit Musik verbunden ist.

Konečni (2007) argumentiert, dass die Reaktion, die durch Kunst oder Musik ausgelöst werde, nicht zu ästhetischen Emotionen oder musikalischen Emotionen gehören solle. Die Bezeichnung „ästhetische Emotionen“ und „musikalische Emotionen“ hält er für unzutreffend. Er stellt seine These von der ästhetischen Trinität vor, um die durch Musikhören ausgelösten Gefühle zu beschreiben und die ungenaue Verwendung von „ästhetischen Emotionen“ oder „musikalischen Emotionen“ in der ästhetischen Kritik zu ersetzen. Er unterscheidet ästhetische Ehrfurcht (*awe*), Rührung (*being moved* oder *being touched*) und Chill (*thrills*). Weiter erklärt er, dass die ästhetische Ehrfurcht als der menschliche *Peak-Experience-Moment*

angesehen werde. Es handele sich um eine Reaktion auf einen sublimen Reiz. Ästhetische Ehrfurcht sei immer von einer Reaktion der Rührung und des Chills begleitet, während die beiden letzteren unabhängig voneinander auftreten könnten. Rührung solle eine persönliche assoziative Situation als Voraussetzung haben. Chill sei eine der häufigsten ästhetischen Reaktionen und könne unabhängig davon auftreten. Was die Gänsehaut-Reaktion beim Hören von Musik betrifft, so legt Konečnis Erklärung nahe, dass diese Reaktion für uns auf eine ästhetische Erfahrung hindeutet. Konečni (2007, 2011) ist auch der Meinung, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion ebenfalls, insbesondere als Beitrag zur Geschlechtsanpassung, evolutionsbiologisch adaptiv sei. Er vermutet, dass diese Reaktion von grundlegenden Emotionen wie Freude und Schrecken begleitet werde oder dass Freude und Schrecken unmittelbar bevorstünden.

Das Hauptziel des Forschungsprojekts von Gabrielsson und Wik (Gabrielsson & Wik, 2003) über *Strong Emotion in Music* (= SEM) besteht darin, eine umfassende und detaillierte Beschreibung der Komponenten des intensiven musikbezogenen Erlebens, wie körperliche, verhaltensbezogene, wahrnehmungsbezogene, kognitive, emotionale, soziale und andere Komponenten zu liefern sowie die Ursachen dieses Erlebens und ihre Auswirkungen auf das Individuum zu untersuchen. Es wurde eine Inhaltsanalyse der in den Berichten der Teilnehmer erwähnten Erlebnis- und Verhaltensreaktionen der SEM durchgeführt, um grundlegende Faktoren zu ermitteln. Anschließend wurde versucht, diese Reaktionen in eine Kategorie einzuordnen. Gabrielsson und Wik (2003) konzentrierten sich dabei insbesondere auf die Musik, die in den evozierten SEM der Teilnehmer vorkam. Die Genreklassifizierung dieser Musik sowie die statistische Verteilung der einzelnen Genres wurde beschrieben. Beispiele für die verschiedenen Musikkategorien, Gänsehaut-Reaktionen und intensive emotionale Erlebnisse in der Musik traten auch bei den Ausführenden und Zuhörern in Bezug auf ihre eigenen Aufführungen auf (Whaley, Sloboda & Gabrielsson, 2009). Symptome, die alle Formen von Leistungsangst umfassen, tauchen auch im SEM-Beschreibungssystem auf: Muskelanspannung und -entspannung, Zittern, Schüttelfrost, Herzklopfen, Schweißausbrüche, Magenreaktionen, Schwindelgefühl, Übelkeit und Schmerzen können auf starke positive oder negative Erfahrungen mit Musik hinweisen.

Sloboda (1991) stellte in seinen Experimenten fest, dass Musik Emotionen und Stimmungen stark hervorrufen und regulieren kann, die von Veränderungen der Herztätigkeit, des Blutdrucks und der Atmung begleitet werden. Später haben weitere Forscher damit begonnen, die Chill-Reaktion als Parameter in Studien über emotionale Reaktionen auf Musik zu verwenden. Verglichen mit der Hauttemperatur, der Herzfrequenz (HR, *heart rate)*, dem Cortisolspiegel und anderen Standardmesswerten ist die Chill-Reaktion der beste (physiologische) Indikator für eine starke Emotion (Blood & Zatorre, 2001; Craig, 2005; Konečni, 2005; McCrae, 2007) .

Nagel (2007) schlug eine neue Methode zur Aufzeichnung und Messung kontinuierlicher, selbstberichteter Emotionen vor, bei der das subjektive Erleben von Emotionen durch Mausbewegungen am Computer zur Steuerung eines Cursors erfasst wurde. Die Teilnehmer sollten dabei nicht die in der Musik ausgedrückten Emotionen, sondern die Dynamik ihrer eigenen emotionalen Zustände darstellen. Guhn und Kollegen (Guhn, Hamm & Zentner, 2007) führten im selben Jahr ebenfalls Experimente durch, um die häufig

durch Musikhören hervorgerufenen, mit ausgeprägten subjektiven Erfahrungen und spezifischen physiologischen Veränderungen einhergehenden, emotionalen Zustände zu untersuchen. Dies geschah, indem sie den Teilnehmern speziell ausgewählte Musikclips vorspielten, die als geeignet eingestuft wurden, Chill-Reaktionen hervorzurufen. Anschließend wurden das Chill-Erlebnis und die physiologischen Reaktionen aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigten, dass die höchste Anzahl von Chill-Reaktionen während musikalischer Passagen mit ähnlichen dynamischen, harmonischen und strukturellen Merkmalen auftrat, die mit einem einzigartigen Muster von erhöhter Herzfrequenz und Hautleitfähigkeit zusammenfielen. Bei Teilnehmern, die während dieser Musikpassagen fröstelten, war der Anstieg des Hautleitwertes deutlich größer als bei Teilnehmern, die nicht fröstelten. Die Reaktionen auf die Herzfrequenz unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen.

Menschen können emotionale Spitzenwerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreichen (Grewe, Kopiez & Altenmüller, 2009). Gänsehaut oder Schüttelfrost sind ein nützlicher Hinweis auf den emotionalen Höhepunkt einer Person. Sowohl die subjektive Intensität als auch die physiologische Erregung, Hautleitfähigkeit und Herzrate treten während der Gänsehaut-Reaktion als Spitzenwerte auf. Somit ist der Höhepunkt des Musikgenusses in der Regel mit intensiven Gefühlen und begleitenden physiologischen Reaktionen verbunden (Sloboda, 1991; Gabrielsson, 2001; Scherer, 2004). Die Bekanntheit bzw. Vertrautheit mit der Musik hatten einen signifikanten Einfluss auf die Gänsehaut-Reaktion. Alter, Geschlecht und musikalische Ausbildung hatten keinen Einfluss auf die Häufigkeit der Gänsehaut-Reaktion (Sloboda, 1991).

Beim Menschen tritt die Gänsehaut-Reaktion im Hörbereich in Zusammenhang mit negativer Erregung und Alarmzustand auf (Maes, 2016). Musik löst nicht nur psychisch emotionale Veränderungen aus, sondern auch physiologische Veränderungen in Bezug auf Herz- und Atemfrequenz (Krumhansl, 2007; Chanda & Levitin, 2013; Koelsch, 2013). Musik kann Stimmungen und Emotionen hervorrufen und regulieren, dies wird von Veränderungen der Herztätigkeit, des Blutdrucks und der Atmung begleitet. Herzfrequenz und Atemfrequenz reagieren stärker auf anregende Musik als auf beruhigende. Während des Musikrausches, etwa bei der Gänsehaut-Reaktion mit Zittern und Piloerektion, steigen sowohl die Herz- als auch die Atemfrequenz. Darüber hinaus steigen Herz- und Atemfrequenz bei Musik im Vergleich zu Stille tendenziell an, während die Herzfrequenz bei unangenehmer Musik im Vergleich zu angenehmer Musik zu sinken schien.

Hauke Egermann und Kollegen (Egermann et al., 2011) fanden in einem Experiment einen interessanten Aspekt der Gänsehaut-Reaktion heraus. Zumindest in westlichen Kulturen wird die Gänsehaut-Reaktion oft als intim empfunden und sogar mit Scham assoziiert. In Studien versuchten sie musikalische Faktoren wie strukturelle Merkmale, harmonische Progression, instrumentale und vokale Klangfarbe und Lautstärkeentwicklung zu identifizieren, die zur Gänsehaut-Reaktion beitragen. Die Ergebnisse waren eher enttäuschend. Erstens gab es keine einfache Reiz-Reaktions-Beziehung. Selbst bei Musik, die als hoch emotional gilt, blieb die Gänsehaut-Reaktion eher willkürlich und konnte nicht einfach wiederholt werden.

Weiter gab es keine Kombination von musikalischen Faktoren, die auf einigermaßen verlässliche Art und Weise eine Gänsehaut-Reaktion hervorrufen konnte.

Guhn und Kollegen (Guhn et al., 2007) konnten dies zeigen, indem sie die Reaktion von Zuhörern durch vom Experimentator ausgewählte, sogenannte Schüttelmusik maximierten. Als „Schüttelmusik“ wird in Teile zerlegte Musik bezeichnet, die den Probanden wegen der unterschiedlichen neuen Anordnungen nicht vertraut war. Nur 29-35% der Probanden nahmen bei den entsprechenden Passagen der Werke von Mozart, Chopin und Bruch eine Gänsehaut-Reaktion wahr. Offensichtlich war die Vertrautheit mit den Stimuli ein wichtiger Faktor, um diese Reaktion hervorzurufen. Musikalische Biografien und persönliche Assoziationen, wie die Erinnerung an erfolgreiche Aufführungen in beeindruckenden gotischen Kathedralen, fördern wahrscheinlich die emotionale Empfänglichkeit.

Zusammenfassend kann Folgendes gesagt werden: Viele dieser Gänsehaut-Reaktionen können kontinuierlich sein und sind objektiv messbar. Es hat sich gezeigt, dass sie ein klares und ausgeprägtes Muster intensiver Erregung des autonomen Nervensystems beinhalten, von dem man annimmt, dass es dem maximalen Vergnügen beim Musikhören zugrunde liegt (Blood & Zatorre, 2001; Rickard, 2004; Bannister, 2019). Als solche stellt die Gänsehaut-Reaktion einen äußerst wertvollen objektiven Indikator für subjektives Vergnügen dar und bietet empirische Unterstützung für einen Nachweis starker emotionaler Reaktion auf Musik.

Die Erforschung der ästhetischen Gänsehaut-Reaktion ist jedoch nach wie vor mit methodischen Problemen konfrontiert. Es gibt eine Unterscheidung zwischen der Gänsehaut-Reaktion aufgrund subjektiver Bewertungen und objektiver Messungen. Dies bezieht sich darauf, dass die Gänsehaut-Reaktion eine körperlich sichtbare Reaktion ist, die Erforschung dieses Phänomens beinhaltet jedoch oft auch die Befragung von Personen über ihre Gänsehaut-Erlebnisse. Die Gänsehaut-Reaktion ist ein Indikator für starke oder intensive Emotionen. Selbstbeobachtungen der Personen können mit Hilfe von Fragebögen ermittelt werden, um ihre Erfahrungen zu untersuchen. Die durch Musik ausgelösten Emotionen beruhen zum Teil auf den akustischen Eigenschaften der Musik, sie werden aber auch durch kulturelle Einflüsse und die persönliche Geschichte beeinflusst. Bei der Durchführung solcher Studien müssen die Forscher die Auswirkungen des kulturellen Hintergrunds und der persönlichen Geschichte auf die Bildung von Emotionen berücksichtigen und gleichzeitig diese Faktoren sowohl von den akustischen Eigenschaften der Musik unterscheiden als auch mit diesen in Verbindung setzen. Gleichzeitig muss man sich bewusst sein, dass die individuelle emotionale Erfahrung von Musik subjektiv ist. Ein bestimmtes Lied kann aufgrund der Verbindung mit persönlichen Lebenserfahrungen starke emotionale Reaktionen evozieren. Einige Erinnerungen, Gefühle oder Ereignisse können bei Menschen positive oder negative emotionale Reaktionen auf bestimmte Musik hervorrufen, und diese Reaktionen können individuell variieren. Die gleiche Musik kann bei verschiedenen Menschen unterschiedliche Emotionen hervorrufen.

Es gibt auch eine andere Forschungstradition in Bezug auf Experimente, die sich mit der Frage befassen, wie musikalische Merkmale Hörer beeinflussen (Huron & Margulis, 2010; Sloboda, 1991; Bannister & Eerola, 2018). Dazu gehören Studien zum Beitrag kausaler Manipulationen von

Musikmerkmalen zur Erzeugung einer Gänsehaut-Reaktion und die Einbeziehung von physiologischen Parametern, die mit dieser Reaktion korrespondieren (Grewe et al., 2007; Blood & Zatorre 2001). Kulturelle Aspekte werden weniger beachtet als experimentelle Ansätze, obwohl es erste Erkenntnisse gibt, dass die Offenheit der Erfahrung als kulturübergreifender Marker für eine ästhetische Gänsehaut-Reaktion angesehen werden kann (McCrae, 2007).

5.6 Die Gänsehaut-Reaktion auf Musik und Erwartung

In Darwins Theorie spielen Vorhersagen[67] eine wichtige Rolle für den Menschen. Ob in Bezug auf schlechtes Wetter oder wilde Tiere, die Fähigkeit zur Vorhersage, d. h. die Kontrolle über das, was passieren könnte, die Fähigkeit aus der Umwelt zu lernen und sich daran anzupassen, die Flexibilität in komplexen Umgebungen, ist Voraussetzung dafür, dass sich Tiere wie Menschen vor Gefahren schützen können. Es wird angenommen, dass das Phänomen der Gänsehaut-Reaktion, das durch Musikhören ausgelöst wird, aufgrund seiner antizipatorischen Rolle evolutionär bedingt ist (Huron & Margulis, 1993). Antizipation spielt eine evolutionäre Rolle in allen Formen der Kognition (Huron, 2006) und ist ein zentraler Mechanismus in der Musikwahrnehmung. Wenn in der Musik Empathie eine Voraussetzung für den musikalischen Ausdruck wäre, so wäre Antizipation wohl eine wichtige Voraussetzung für Emotionen, die durch Musikhören hervorgerufen werden können. Musikhören ist somit ein Wahrnehmungsprozess. Einer der wichtigsten Aspekte der Wahrnehmung und einer der Schlüsselaspekte der Musik ist die Fähigkeit, zukünftige Ereignisse auf der Grundlage vergangener Erfahrungen vorherzusagen. Musik bietet aufgrund ihrer Spezifität ein innovatives Mittel zur Bewertung von Erwartungen, da tonale Arrangements antizipatorische Reaktionen auslösen, die auf kognitiven Erwartungen und prädiktiven Hinweisen basieren (Huron, D. & H. Margulis, 2009; Huron, 2006; Meyer, 1956).

Leonard B. Meyer (1956) sagte, die Situation werde jedoch sehr viel komplizierter, wenn der biologisch-behavioristische Reiz-Reaktions-Ansatz auf den Bereich der geistigen Aktivität ausgedehnt werde. Wenn Gänsehaut durch Musikhören ausgelöst werde, handele es sich zwar um ein Reiz-Reaktions-Verhältnis, aber die psychischen Erwartungen seien wichtiger als die physischen. Ob Menschen beim Hören eines Musikstücks eine bestimmte Emotion empfänden oder nicht, hänge eher von den psychischen Erwartungen an die Musik ab.

Aufbau, Erfüllung und Täuschung musikalischer Erwartungen werden als wesentliche Auslöser von Emotionen beim Hören von Musik diskutiert. Huron (2006) argumentiert, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion eng mit Antizipation zusammenhänge. Er betont, Antizipation umfasse den dynamischen Charakter der zeitlichen Natur der Musik (Huron, 2006). In diesem Zusammenhang stellt er die sogenannte ITPRA-Theorie auf. Die Abkürzung ITPRA steht für die folgenden fünf Kategorien: *Imagination*, *Tension*, *Prediction*, *Reaction* und *Appraisal*. Es geht um die funktionelle Biologie, die an der antizipatorischen Kognition beteiligt ist. Huron beschreibt detailliert einige der Mechanismen, von denen

[67] In meinem Text werden Vorhersage, Antizipation, Prädiktion sowie Erwartung synonym gebraucht.

man annimmt, dass sie am Erwerb der Antizipation beteiligt sind. Er zeigt auch einige der affektiven Folgen der Antizipation auf.

Um die Frage der Rolle der Erwartung zu untersuchen, konzentriert sich die Literatur zur Musikkognition auf lokale Vorhersagen auf der Ebene der Melodie, der Phrasenstruktur, der Harmonie, der impliziten Tonalität oder der formalen Struktur. Während der Erwartung geht es um den Abgleich aktueller Strukturen mit rhythmischen Strukturen. Musikalische Antizipation kann sich in Form von Neugier oder dem Wunsch zu wissen, was kommen wird, äußern. Eine Antizipation der Musikstruktur, der Intervalle oder der Rhythmen, ist eine Art von Motivation und verleiht damit musikalischen Strukturen einen Sinn. Zeitliche Erwartung könnte auch eine Wartezeit sein, während die Musik läuft, einschließlich Pausen in der Musik oder einer Verlangsamung oder Beschleunigung des Themas, die erfüllt oder unerfüllt wird. Grewe und Kollegen (Grewe et al., 2007B) haben experimentell nachgewiesen, dass der einzige allgemeine Faktor, der als notwendige aber nicht hinreichende Bedingung für die Auslösung einer Chill-Reaktion identifiziert werden konnte, eine Veränderung in der Struktur der Musik ist, die eine nicht erfüllte Erwartung impliziert.

Es wird angenommen, dass die musikalische Vorhersage weitgehend vom impliziten Lernen bestimmt wird, das Menschen zufällig während ihrer Interaktionen mit Musik oder mit aktuellen Aufführungen erwerben, wobei Unterschiede zwischen diesen Formen des Vorhersagewissens implizit für strukturelle Arten der entscheidenden Forschung gewonnen werden können (Rohrmeier, 2010; Rohrmeier, Rebuschat & Cross, 2011; Tillmann, 2005; Pothos, 2007). Nahezu alle Phasen der Musikwahrnehmung können Emotionen auslösen. Dies kann durch Konsonanz- bzw. Dissonanzwahrnehmung (Koelsch et al., 2006) oder durch die Erfüllung oder Nichterfüllung musikalischer Erwartungen (Steinbeis, Koelsch & Sloboda, 2006) geschehen. Die musikalische Antizipation führt zu Anspannung oder Entspannung (Meyer, 1956). Die Verletzung der musikalischen Erwartungen löst nicht nur Angst (Huron, 2006), sondern auch Überraschung und sogar eine Gänsehaut-Reaktion aus (Sloboda, 1991; Konečni, Wanic & Brown, 2007). Gänsehaut-Reaktionen entstehen häufig auf neue oder unvorbereitete Harmonien, plötzliche Wechsel von Dynamik oder Texte, die in der Musik auftauchen (Sloboda, 1991).

Musik aus fast allen kulturellen Traditionen hat ihre eigenen formalen Normen in Bezug auf Tonleitern, Harmonie, Modulation und Tonverschiebungen. Wir lernen Melodie, Rhythmus und Syntax. In der Musikforschung geht man davon aus, dass es eine statistische Beziehung zwischen musikalischen Mustern oder musikalischen Regeln und Emotionen gibt. Frühere Untersuchungen haben ergeben, dass zumindest in westlichen Kulturen Dur- und Moll-Melodien und Harmonien die emotionalen Reaktionen der Menschen auf Musik weitgehend beeinflussen. Akkordfolgen in Dur werden dabei häufig mit positiven Gefühlen und Akkordfolgen in Moll häufig mit negativen Gefühlen assoziiert (Kivy, 1980, 1991). Der auditorische Teil des Gehirns ist sehr empfindlich für diese Regeln. Wir lernen die Melodie, den Rhythmus, die Syntax von Musik, damit wir unsere eigenen statistischen musikalischen Systeme (Maes, 2016) und musikalischen Vorlieben (Hargreaves & North, 2010) aufbauen können. Unser auditorisches Gehirn ist sehr sensitiv für diese Regeln. Lernmechanismus und Gedächtniskapazität tragen gemeinsam zur Vorhersagefähigkeit bei (Maes, 2016). Während ein musikalisches Werk im Allgemeinen in einer Weise

abläuft, die den Erwartungen der Hörer der jeweiligen Kultur in Bezug auf diese Regeln entspricht, müssen das Interesse und die Spannung der Musik auf der Absicht des Komponisten beruhen, die Erwartungen der Hörer an bestimmten Punkten zu brechen oder zu verzögern (Dowling & Harwood, 1986; Krumhansl & Schenck, 1997). Die erfüllte oder die unerfüllte Erwartung oder eine Täuschung der Erwartungen sind sehr wichtige Aspekte einer musikalischen Ästhetik (Meyer & Schenck, 1997; Meyer, 1956; Huron, 2006; Juslin & Laukka, 2004), die Stimmungsänderungen wie z. B. Angst beim Hörer auslösen können. Aber je länger die verzögerte Erwartung bis zu dieser Grenze ausgedehnt wird, desto größer ist das entstehende Vergnügen, das der Hörer durch die Erfüllung empfindet (Dowling & Harwood, 1986; Krumhansl & Schenck, 1997). Zu den Faktoren, die häufig zur Manipulation von Erwartungen eingesetzt werden, gehören beispielsweise die harmonische Struktur, melodischer Verlauf, das Timing der Noten und plötzliche Lautstärkeschwankungen. Die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung von Erwartungen wird als Faktor für eine emotionale Eigenschaft der Musik betrachtet.

Obwohl musikalische Vorlieben subjektiv sind, kann Musik, wie auch immer sie entwickelt sein mag, wütende Emotionen nicht durch Intervalle mit Tönen gleicher Stufe wie Unisono oder Oktave ausdrücken. Wenn ein Musikstück z. B. eine wütende Emotion in Unisono oder in der Oktave ausdrückt, dann nicht aufgrund dieser Intervalle, sondern vielleicht wegen des plötzlichen Auftretens eines lauten, scharf klingenden Tons. Vielleicht auch wegen der Verwendung eines sich allmählich beschleunigenden und angespannten Rhythmus, aber niemals wegen dieser Intervalle mit Tönen gleichen Grades. Menschen aus verschiedenen Kulturen, die in unterschiedlichen Umgebungen leben, hören oft unterschiedliche Geräusche, wie den Ruf eines einheimischen Tieres, das Rauschen der Wellen oder das des Windes. So auch den Klang, den ein einheimisches Volksinstrument zu erzeugen pflegt, z. B. die reine Stimmung von C D E G A auf der Guzheng, einem chinesischen Musikinstrument. Ein Klang, der nicht sehr angenehm zu hören ist, wird normal, nachdem man ihn öfters gehört hat. Wenn diese Elemente dann durch die Kultur akkumuliert werden, werden sie mehr und mehr kulturspezifisch. Es kann manchmal schwierig sein, den emotionalen Charakter der Musik einer Kultur zu verstehen, ohne die entsprechende Kultur zu kennen. All dies verdeutlicht den Einfluss, den unser erworbenes „Wissen“ auf unsere ästhetische Wahrnehmung ausüben kann.

Die musikalische Erwartung hat auch einen zentralen Platz im BRECVEM-Modell. Das M bedeutet musikalische Erwartung (*musical expectancy*). Es geht dabei um die musikalische Erwartung bezüglich der Ausbreitung der musikalischen Struktur in der Zeit (Juslin et al., 2010; Juslin, 2013A). Musikalische Erwartungen des Hörers können im Verlauf eines Musikstücks, unabhängig davon, ob sie erfüllt oder verletzt werden, Emotionen hervorrufen. Wir haben beim Musikhören oft aufgrund früherer Erfahrungen mit ähnlicher Musik eine Stimme im Kopf, die uns die nächste mögliche Fortsetzung einer Melodie vorschlägt. Eine bestimmte Emotion entsteht, wenn musikalische Entwicklungen die ursprünglichen Erwartungen bestätigen oder unterlaufen. Die Abweichung von Erwartungen kann Beunruhigung auslösen oder sie kann überraschen, weil sie aus einer Neuheit resultiert. In jedem Fall werden Emotionen durch musikalische Erwartungen in uns geweckt.

Maes (2016) stellt die Hypothese auf, dass die Vorhersage selektive Reaktionen auf eingehende auditive Informationen während des Musikhörens so erleichtern könne, dass Menschen auditive Merkmale auf eine optimale Weise abtasten könnten, wodurch Erwartungen bestätigt und Vorhersagefehler vermieden würden (Maes, 2016). In Bezug auf Musik geht er davon aus, dass die Vorhersagen beim Musikhören eine selektive Reaktion auf neu eingehende Klanginformationen hervorrufen könnten. Dies führt zu einem Sampling von auditiven Eigenschaften in einer optimalen Weise, was die Bestätigung von Erwartungen und die Vermeidung von Vorhersagefehlern ermöglicht.

Bei der Erklärung des Phänomens der musikalischen Bedeutung sagt Koelsch, die intra-musikalische Bedeutung (*intra-musical meaning)* hinge mit Erwartung (Koelsch, 2011A) sowie Spannung und Entspannung zusammen. Dies betreffe nicht die musikalische Regelverletzung, obwohl sie auch eine Rolle spiele. Beispielsweise zeichne die westliche Musik sich dadurch aus, dass eine Kadenz der Form Tonika-Subdominante-Dominante-Tonika eine Regel sei. Dies betreffe insofern die Syntax, denn wenn man jetzt nach Tonika-Subdominante-Dominante einen Neapolitaner spielte, wäre dies eine Verletzung der Regel. In diesem Fall werde ERAN ausgelöst. Hier gebe es eine intra-musikalische Bedeutung, weil man in der Folge Tonika-Subdominante-Dominante eigentlich die Tonika erwarte. Das hinge damit zusammen, dass von einem Spannungszustand zu einer Entspannungszustand übergegangen werde. Einmal gebe es einen Regelverstoß und einmal, wenn das stattfinde, werde eine Erwartung erfüllt oder nicht erfüllt. Wenn sie erfüllt werde, entspanne sich der Körper oder die Muskeln. Wenn sie nicht erfüllt werde, sei man angespannt. Diese Regel und dieser Aufbau hingen mit dem Eintreffen eines gewissen Zustandes zusammen. Der Bezug bestehe allein immer von einem musikalischen Teil zu einem anderen musikalischen Teil.

Dass sich die Vertrautheit mit Musik auf die emotionalen Reaktionen beim Musikhören auswirkt, wurde auch von der Neurowissenschaft bestätigt. Vertrautheit, Tonhöhen und Rhythmus aktivierten vorzugsweise die linke Hemisphäre. Klangfarben dagegen aktivierten die rechte Hemisphäre (Platel et al., 1997). Die Vertrautheit aktiviert den linken inferioren frontalen Gyrus, das Brodmann-Areal (BA47) und den superioren temporalen Gyrus in seinem anterioren Teil (BA22). Diese Aktivierungen könnten den lexikalisch-semantischen Zugang zu melodischen Repräsentationen darstellen. Bei der Tonalität wurde eine Aktivierung des linken Thalamus/Prä-Thalamus (BA18/19) beobachtet. Diese Ergebnisse waren überraschend, und sie interpretierten diese als Ausdruck der visuellen mentalen Vorstellungsstrategie, die bei der Durchführung der Aufgabenstellung verwendet wurde. Die Rhythmusaufgabe aktivierte das linke inferiore Broca-Areal (BA44/6), und die Aktivierung erstreckte sich bis zur angrenzenden Insula, was auf eine Rolle dieser Hirnregion bei der Verarbeitung von kontinuierlichem Klang hindeutet.

Wenn wir im Alltag Musik hören, nehmen wir unbewusst vorweg, was in der Musik als Nächstes kommt. Dieses geschieht auf der Grundlage unserer Hörerfahrungen. Selbst wenn es sich um ein unbekanntes Lied handelt, haben wir eine Vorstellung davon, wie die Melodie verlaufen und wie sich der Rhythmus verändern könnte. Mit anderen Worten: Wenn ein Musikstück der genauen Erwartung entspricht, ist es vielleicht keine Überraschung. Aber wenn man nicht weiß, worum es geht, wird man denken, dass man es nicht versteht und das Interesse daran verlieren. Ein Musikstück, bei dem man eine Gänsehaut-Reaktion

bekommt, erzeugt eine Erwartung. Aber irgendwann gibt es eine unerwartete Überraschung, und diese Überraschung könnte der Moment sein, in dem man die Gänsehaut-Reaktion bekommt.

Sobald eine Erwartung entsteht, folgt die Bewertung. Wenn man nur den Höhepunkt eines Musikstück spielt, also den Teil, der die Gänsehaut-Reaktion auslöst, wird man wahrscheinlich keine Gänsehaut-Reaktion mehr haben. Daher gibt es einen erheblichen Unterschied, ob man nur den Höhepunkt spielt oder das gesamte Musikstück von Anfang bis Ende. Selbst wenn es sich um dasselbe Musikstück handelt, wird die Erfahrung stark variieren. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass das Gehirn vorhersagen kann, was als Nächstes passieren wird. Somit wird die Vorhersage durchbrochen, die die Gänsehaut-Reaktion auslöst. Wenn man hingegen sofort den Höhepunkt eines Musikstücks spielt, ist das Gehirn möglicherweise noch nicht in der Lage, eine Bewertung zu fällen, worum es sich handelt.

5.7 Über die Neurophysiologie der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion

Die Gänsehaut-Reaktion ist nicht nur ein Anzeichen für starke Emotionen, sondern auch ein physiologisches Zeichen für eine starke Erregung des autonomen Nervensystems (Blood & Zatorre, 2001; Salimpoor et al., 2009; Rickard, 2004; Grewe, Kopiez & Altenmüller, 2009). Dies bedeutet, dass sie durch psychophysiologische Messungen objektiv überprüft werden kann. Man kann die Gänsehaut-Reaktion psychologisch interpretieren, aber um sie und die jeweils damit verbundene starke Emotion biologisch zu erklären, muss ihre neuronale Grundlage betrachtet werden. Es geht hier um die neurowissenschaftliche Beziehung zwischen Psychologie und Biologie. Die neurowissenschaftliche Analyse kann zwar nicht notwendigerweise kausale Analysen bieten, sie liefert jedoch einen Beitrag, um die Fragen zu beantworten, wie das Gehirn arbeitet und welche Gehirnteile bei Emotionen während des Musikhörens beteiligt sind.

Die neurowissenschaftliche Perspektive untersucht die neuronalen Verarbeitungsprozesse und macht sie als Forschungsgegenstand beobachtbar. Wie das Gehirn aufgebaut ist und wie die Verbindungen in der Interaktion mit der Umwelt entstehen, das wird stark durch Gene bestimmt. Das menschliche Gehirn ist bestimmt durch den Genotypus. Wenn sich ein Kind zu einem Musiker entwickelt, werden Fragen nach dem Ablauf dieses Prozesses aufgeworfen. Welche kausalen Zusammenhänge bestehen zwischen den Entwicklungsstufen? Welche biologischen Mechanismen spielen dabei eine Rolle, einschließlich derer aus dem Bereich der Neurowissenschaften? Bei der Untersuchung von Mechanismen geht es darum, kausale Beziehungen herauszufinden. Nach Tinbergen geht es um die Ontogenese und Mechanismen, um die proximaten Fragestellungen. Mechanismen sind neurobiologische Prozesse, die einem Verhalten oder Erleben unterliegen. Es wird gefragt, wie die Musikwahrnehmung funktioniert oder wie musikalische Emotionen hervorgerufen werden.

Neben dem möglichen Überlebens- oder Reproduktionswert der Musik (Anpassung) können auch ihre neurobiologischen Korrelate (Mechanismen) untersucht werden (Honing, 2015). Wir glauben zu wissen, dass beim Musikhören Emotionen ausgelöst werden. Man spielt ein Musikstück, dieses Musikstück ruft eine

oder mehrere Emotionen hervor. Es hat keine logische Bedeutung. Man hört ein Musikstück oder einen Klang; durch den Klang werden anschließend Emotionen hervorgerufen. Es stellt sich die Frage, wie es eigentlich kommt, dass bestimmte Musik bestimmte Emotionen hervorruft. Trifft es wirklich zu, dass Musik überhaupt Emotionen hervorruft? Solche Fragen werden seit Langem diskutiert. Was genau unter Emotionen verstanden werden kann, konnte bisher nicht genau definiert werden. Dies hindert jedoch viele Wissenschaftler nicht daran, die Beziehung zwischen Musik und Emotion zu analysieren. Besonders die Neurowissenschaften tragen heute dazu bei, zu verstehen, wie das Gehirn beim Musikhören reagiert. Dabei werden Versuche unternommen, Musik als Auslöser für Gefühle nachzuweisen.

Ein wissenschaftlicher Ansatz zur Untersuchung des Unterschieds zwischen Basis-Emotionen und starken Emotion besteht darin, zu untersuchen, ob es einen signifikanten Unterschied in der Gehirnreaktion zwischen den beiden gibt. PET- und fMRT, die beispielsweise der Untersuchung von Emotionen durch Musik zugrunde liegen, kommen in erster Linie bei funktionellen Neuroimagingstudien zum Einsatz. Durch diese technischen Geräte wird die Untersuchung der musikalischen Hirnfunktion für Forscher leichter zugänglich (Brattico, 2018). Die aktuelle Entwicklung in der Kognitiven Neurowissenschaft hat auch neue Perspektiven auf das uralte Thema der Verbindung zwischen Musik und Emotionen mit sich gebracht. Die Komplexität des Gehirns wurde bereits in Kapitel 2 der vorliegenden Arbeit im Zusammenhang mit der evolutionären Natur des Gehirns erwähnt. Die Komplexität des neurowissenschaftlichen Forschungsfeldes ist in der Komplexität und der mysteriösen Natur des Gehirns verwurzelt. Wenn es um die Neurowissenschaften geht, so geht es aus der Perspektive von Tinbergens *four questions* um kausale Mechanismen, d. h. um Mechanismen und deren Funktionen und nicht um den Ursprung eines Mechanismus und dessen Funktion. Bei Kausalität handelt es sich um die neurophysiologische Ebene, diese gehört zur Biologie. Funktion im neurowissenschaftlichen Sinn ist eine Leistung, welche die Neuronen oder ein Nervensystem als Mechanismus erbringen. Das Ziel der Neurowissenschaften besteht darin, herauszufinden wie das Nervensystem funktioniert und wie es eine bestimmte Leistung erbringt. Es gibt bereits gewisse Betrachtungen dazu, die diskutiert und mit Experimenten überprüft werden, um zu sehen, ob diese zutreffen. Zum Beispiel wird das Gedächtnis als eine Hirnfunktion betrachtet. Die daraus resultierende Frage ist, wie neuronale Netze die Gedächtnisfunktion realisieren.

Wie arbeitet also das Nervensystem? Die Erforschung der einer Gehirnfunktion zugrundeliegenden Mechanismen gestaltet sich als sehr schwierig, denn bildgebenden Verfahren zeigen nicht direkt die Kausalität. Wenn jemand zum Beispiel eine Sprache hört, dann ist das Broca-Areal aktiv, die Durchblutung kann sich hier erhöhen (Koelsch, 2013). Der nächste Schritt ist herauszufinden, was dort passiert. Weiter geht es zu den Mechanismen. Neuronen sind die grundlegenden Bausteine des Nervensystems und spielen eine entscheidende Rolle bei der Übertragung von Informationen im Gehirn und im gesamten Nervensystem. Ein Neuron besteht aus Zellkörper, Axon und Dendriten. Wenn ein neuronales Signal entsteht, wird es entlang des Axons übertragen und über synaptische Verbindungen an andere Neuronen weitergeleitet. Die Funktionsweise von Neuronen beruht auf elektro-chemischen Prozessen. Wenn ein Neuron ein Aktionspotential (elektrisches Signal) auslöst, verursacht dies die Freisetzung von Neurotransmittern

(chemische Botenstoffe) im synaptischen Spalt, wo sie sich an spezifische Rezeptoren auf benachbarten Neuronen binden. Dies löst dann einen weiteren elektrischen Impuls aus, der die Signalübertragung fortsetzt. Molekulare Reaktionen spielen eine entscheidende Rolle in den biologischen Prozessen, die in Neuronen ablaufen. Wenn ein Signal durch ein Neuron wandert, werden verschiedene Moleküle und Proteine in einer Reihe von Reaktionen aktiviert, die die Übertragung und Verarbeitung von Informationen ermöglichen. Dann geht es ganz nah an den Bereich der Mechanismen, welche die Beziehung zwischen der funktionalen Verarbeitung und der Neuroanatomie herstellen. Diese Ebene ist ein Schritt zur Erforschung kausaler Vorgänge. Aber es ist noch keine Kausalität. Im nächsten Schritt wird die Arbeitsweise von Neuronen und Neurotransmittern betrachtet. Auf dieser Ebene widmet man sich der Erforschung der Kausalität. Neurowissenschaft ist nicht automatisch auf die Erforschung von Ursache und Wirkung bezogen, aber sie eröffnet eine immer stärker werdende Möglichkeit für eine kausale Betrachtung von mentalen Funktionen. Im Buch „*The Astonishing Hypothesis*“ von Francis Crick heißt es, dass alle menschlichen Gedanken und Gefühle, Freuden und Schmerzen, Träume und Wünsche als Gehirnfunktionen in der Aktivität unseres Gehirns enthalten sind. Wenn das stimmt, ist all dies das Ergebnis neurochemischer Aktivitäten. Als es nur ein rudimentäres Verständnis der neurologischen Funktionen gab, wurde angenommen, dass alle menschlichen Erfahrungen aus den Nervenimpulsen entstehen.

Die frühesten Untersuchungen in der Neurowissenschaft der Emotionen gehen auf die Arbeiten von Papez (1937), MacLean (1952) und anderen zurück: Menschliche Emotionen sind mit dem limbischen System des Gehirns verbunden. Im limbischen System können der Hypothalamus, der Gyrus cingulatus, der Hippocampus und andere Strukturen die Emotionen beim Menschen oder bei anderen Wirbeltieren beeinflussen.

Der Neurophysiologe und Psychiater MacLean (1978) stellte die sogenannte dreieinige Gehirnhypothese auf. Er war der Ansicht, dass der Mensch zwar intelligenter als andere Tiere sei, unser Gehirn aber immer noch Spuren verschiedener Evolutionsstufen aufweise. Das älteste evolutionäre Gehirnteil, das sich ganz unten im Gehirn befinde, sei das Reptilienhirn. Es bestehe aus dem Hirnstamm, der die grundlegendsten Lebensfunktionen wie Atmung, Herzschlag und Schlaf-Wach-Rhythmus reguliere. Die nächste evolutionäre Schicht des Gehirns bilde das limbische System, auch „Paläo-Säugetierhirn“ genannt. Hier würden emotionale Repräsentationen verarbeitet und sei das Gedächtnis verortet. Es spiele eine wichtige Rolle bei der Entstehung und Verarbeitung von Emotionen. Schließlich hätten wir das Säugetierhirn, auch als „Neo-Säugetierhirn“ bekannt. Es sei der evolutionäre Fortschritt des Gehirns bei Säugetieren und bilde den größten Teil des menschlichen Gehirns, verantwortlich für höhere kognitive Funktionen wie Lernen, Denken, Planen und Sprache (MacLean, 1978). Obwohl einige Details dieser Hypothese noch überarbeitet werden müssen, stellt MacLeans Identifizierung verschiedener Schichten des Zentralnervensystems, die deren evolutionäre Überschneidungen widerspiegeln, einen interessanten und anregenden Beitrag zum Verständnis der neuronalen Grundlagen des menschlichen Verhaltens dar. Die neuronale Grundlage der musikalischen Emotionen umfasst die drei folgenden Schichten: Die

Schreckreaktion des Hirnstamms auf bestimmte Klänge, die emotionale Registrierung und Leistung des limbischen Systems und die kortikale Analyse und Bewertung der Wahrnehmung.

Es dauerte nicht lange bis man erkannte, dass es die informationsverarbeitende Tätigkeit des Gehirns war, die die menschliche Psyche formt. Es zeigt sich jedoch deutlich, dass jeder Aspekt der geistigen Aktivität physiologischer Vorgänge von den Strukturen des Gehirns abhängt. Wenn ein Chirurg elektrische Ströme in das menschliche Gehirn leitet, empfindet die Person eine lebendige und realistische Erfahrung. Durch die Injektion von Chemikalien in das Gehirn, ist es möglich die Wahrnehmung, die Emotionen, die Persönlichkeit und das Denkvermögen eines Menschen zu verändern. Wenn ein Teil des Gehirns abstirbt, d. h. ein Teil des Gehirns nicht mehr funktioniert, geht die entsprechende geistige Funktion verloren. Ein Patient mit einer neurologischen Störung kann die Fähigkeit verlieren, Werkzeuge zu benennen, Gesichter zu erkennen, die Ergebnisse des eigenen Handelns zu bewerten, sich in andere einzufühlen, sich an räumliche Positionen zu erinnern oder den eigenen Körper zu identifizieren. Nach Damasio (1997) vertrat Descartes die Ansicht, dass sich der Geist vom Körper unterscheide. Eine Ansicht, die eindeutig falsch ist (Damasio, 1997). Emotionen und Gedanken jeglicher Art stehen in Verbindung mit physiologischen Signalen. Neue technologische Mittel zur Erkennung dieser Signale haben einen Präzisionsgrad erreicht, der es ermöglicht den mentalen Zustand einer Person zu identifizieren.

Viele der grundlegenden Regionen, die die Emotionen beeinflussen, seien tief in den primitivsten Teilen des Gehirns vergraben (Panksepp, 1995). In der Vergangenheit seien große Fortschritte bei der Entschlüsselung der neuronalen Natur solcher Empfindungen im Tierhirn gemacht worden. Dies habe uns geholfen, Emotionen neurowissenschaftlich zu analysieren. Panksepp sagt aber auch, dass es in der Tat schwierig sei, sich vorzustellen wie die Sensibilität und Reaktivität verschiedener emotionaler Prozesse beim Menschen mit der Analyse des subkortikalen emotionalen Systems verbunden werden könnten, das bei Tieren so gründlich untersucht worden sei (Panksepp, 1998, 2005). Die zunehmende Erforschung der Struktur und Funktion des Gehirns wirft ein neues Licht auf die Gehirnstruktur und die Evolution sowie auf die großen Unterschiede zwischen Menschen und anderen Tieren (Damasio, 1997).

Wenn wir unter der Kontrolle von Emotionen stehen, treten innerhalb von nur wenigen Sekunden viele Veränderungen ein, ohne dass wir es wollen oder uns dessen unmittelbar bewusst sind. In den folgenden Bereichen können solche Veränderungen auftreten: emotionale Signale im Gesicht und in der Stimme; vorprogrammierte und erlernte Handlungen; die Aktivität des autonomen Nervensystems, welches unseren Körper reguliert; Regulationsmuster, die unser Verhalten ständig verändern; assoziierte Erinnerungen und das Abrufen von Erwartungen sowie die Art und Weise, wie wir die Geschehnisse in uns und der Welt interpretieren. Zajonc (1980) bezeichnet die Veränderungen als unvermeidbar. Betrachten wir nun die Ursachen, welche die unvermeidbaren emotionalen Aktivitäten hervorrufen. Die Tatsache, dass so viele Reaktionen, die für jede Emotion unterschiedlich und bis zu einem gewissen Grad für alle Menschen gleich sind, so schnell einsetzen, sagt uns etwas über die zentralen Gehirnmechanismen, die unsere emotionalen Reaktionen organisieren und steuern. Die zentralen Steuerungsmechanismen unserer emotionalen Reaktionen werden durch automatische Bewertungsmechanismen aktiviert. In diesen zentralen

Mechanismen sind Anweisungen gespeichert, die unser Handeln leiten. Weiter spiegeln die Anweisungen unsere evolutionären Anpassungen und unsere eigene persönliche Geschichte wider.

Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2015) versuchen mit der Quartett-Theorie, die neuronalen Mechanismen herauszufinden, die mit Emotionen verbunden sind. Für die Fragestellung nach dem Hintergrund dieses Forschungsansatzes werde ich Tinbergens *four questions* nutzen. Koelsch und Kollegen gehen mit proximaten Fragestellungen an die biologische Erforschung der Emotionen heran. Der Fokus liegt nicht auf den ultimaten Fragestellungen der Phylogenese oder der adaptiven Funktion. Im Kern interessieren er und seine Kollegen sich nur für die proximate Fragestellung der Mechanismenerforschung, die Ontogenese als weitere proximate Fragestellung betrachten sie nicht und arbeiten mit neurowissenschaftlichen und psychologischen Methoden.

Koelsch und Kollegen interessieren sich dafür, welche Gehirnteile für welche Leistungen relevant sind. Das steht auch im Vordergrund, wenn man sich mit Emotionen beschäftigt. Welche neuronalen Strukturen stehen mit Emotionen oder mit der Wahrnehmung von Musik in Beziehung? Sie untersuchen auch, welche Gehirnteile für traurige Emotionen zuständig sind und integrieren viele gut erforschte Fakten über die funktional-neuroanatomischen Grundlagen von Emotionen in einen strukturierten Forschungsrahmen. Sie zeigen wie die verschiedenen Teile dieser Struktur miteinander verbunden sind und wie sie zusammenwirken, um komplexe Emotionen zu erzeugen. Die Quartett-Theorie von Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2015) betrachtet vier große Hirnteile, die vier Zwecke erfüllen bzw. Leistungen erbringen.

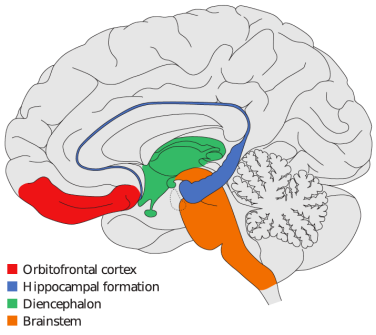

Fig. 1. The four affect systems: brainstem-centred (orange), diencephalon-centred (green), hippocampus-centred (blue), and orbitofrontal-centred (red) system. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Abb. 6, Koelsch et al., 2015, S. 3

Sie (Koelsch et al., 2015) gehen davon aus, dass es in der Evolution auch eine Entwicklung des Gehirns mit seinen korrespondierenden Affeksystemen gegeben hat. Diese Affektsysteme wurden im Laufe der Evolution zunehmend ausdifferenziert. Sie bilden ein emotionales System aus Hirnstamm, Diencephalon, Hippocampus und orbitofrontalem Kortex[68].

[68] siehe Abbildung 6

Der Hirnstamm ist Teil des auditorischen Systems[69]. Das Ohr empfängt den Schall, der zunächst über Strukturen wie die Cochlea in Form neuronaler Signale in den Hirnstamm gelangt, dort verarbeiten Teile des Hirnstamms die Signale und leiten diese zur weiteren Verarbeitung an Teile des Mittelhirns oder den Thalamus weiter (Koelsch et al., 2015). Der Hirnstamm ist auch für Juslins Modell wichtig, der in seiner Erklärung, wie Musik Emotionen hervorruft, einen Hirnstammreflex vorschlägt (Juslin, 2013A). Er erklärt, dass eine oder mehrere der grundlegenden akustischen Eigenschaften der Musik vom Hirnstamm erfasst würden, der sie als wichtige oder dringende Informationen identifiziere. Wir bekommen machmal eine Gänsehaut-Reaktion von der plötzlichen Lautstärke der Musik. Dies hängt möglicherweise mit dem Hirnstamm zusammen, schließt jedoch nicht aus, dass die Gänsehaut-Reaktion auf Anspannung zurückzuführen ist. Die Gänsehaut-Reaktion tritt häufiger als Reaktion auf laute Töne auf, obwohl sie als Indikator für eine starke musikalische Emotion eingestuft wird. Die Gänsehaut-Reaktion, die manchmal sogar von Tränen begleitet wird, ist repräsentativ für die starken Emotionen, die durch die Musik hervorgerufen werden. Es ist nicht ganz dasselbe wie die Gänsehaut-Reaktion, die einfach durch die Lautstärke des Tons erzeugt wird. Es ist jedoch oft schwierig diesen Unterschied zu erfassen, da die Forschungsmethoden begrenzt sind.

Das Diencephalon wird mit Schmerz und Zufriedenheit in Verbindung gebracht. Die Unterscheidung zwischen Vergnügen, das im Hippocampus entsteht und Spaß, der im Diencephalon entsteht, ist ein wichtiger Fortschritt, da eindimensionale Werteskalen nicht klären, welche Arten von Vergnügen als hoch bewertet werden (Kaernbach, 2015). Das Diencephalon, der Hypothalamus und der Hippocampus sind Teile des limbischen Systems, die im Laufe der Evolution Veränderungen erfahren haben. Im Allgemeinen kann man sagen, dass eine fortschreitende Entwicklung stattgefunden hat. Auf der einen Seite kann festgestellt werden, dass für die Wachheit eines Tieres die Aktivität im Hirnstamm verantwortlich ist. Auf der anderen Seite kann beobachtet werden, dass sowohl Schmerz als auch Vergnügen durch das Diencephalon, den Hypothalamus und auch den Hippocampus beeinflusst werden können. Der Hypothalamus ist für das Gedächtnis und auch für die Bildung von Bindungsbeziehungen verantwortlich (Panksepp, 2003).

Das limbische System ist das wichtigste primitive Gehirnnetzwerk, das Emotionen unterstützt. Es ist ein Netzwerk von Strukturen, die zusammenarbeiten, um die Welt zu verarbeiten und zu verstehen (Swanson, 2012). In der Neurowissenschaft haben mehrere Studien gezeigt, dass das Hören von Musik eine Aktivierung des limbischen Systems bewirkt, das in enger Beziehung zu Emotionen steht (Koelsch, 2011). Als Teil des limbischen Systems wird der Hippocampus auch mit Emotionen in Verbindung gebracht. Frühere Studien ergaben, dass eine Schädigung des Hippocampus bei Affen zu depressiven Reaktionen führte (Papez, 1937). Auf der Grundlage von Studien an Tieren und Menschen vermutete Papez, dass der Hippocampus eine wichtige Rolle bei den Kernprozessen der Emotionsverarbeitung spiele. Neuere Forschungen der letzten 30 Jahre haben jedoch gezeigt, dass der Hippocampus auch eine zentrale Rolle für das Langzeitgedächtnis, die räumliche Navigation und andere wichtige kognitive Prozesse spielt (Broadbent et al., 2004).

---

[69] Das auditorische System ist ein großes neuronales Netzwerk, das von Strukturen im Hirnstamm, Mittelhirn, Thalamus und in der Großhirnrinde gebildet wird.

Das Interaktionssystem zwischen Amygdala und Hippocampus gilt heute als der grundlegende neuronale Mechanismus zwischen Emotion und Gedächtnis. Der Hippocampus ist eine Struktur, die eine wichtige Funktion bei Gedächtnisprozessen spielt. Eine Schädigung der Amygdala führt zu einer Beeinträchtigung der emotionalen Bewertung von Reizen. Die Amygdala beeinflusst die Gedächtniskodierung emotionaler Informationen im Hippocampus, während der Hippocampus die Erinnerung an emotionale Reize und Ereignisse formt und die Reaktion der Amygdala auf emotionale Reize weiter beeinflusst (Phelps, 2004; LaBar & Cabeza, 2006; Richardson et al., 2004). Die Interaktion zwischen Amygdala und Hippocampus ist nicht nur für die Kodierung und Konsolidierung von emotionalen Erinnerungen notwendig, sondern auch für deren Extraktion (Buchanan, 2007). So haben aktuelle Studien gezeigt, dass Amygdala und Hippocampus synchronisiert sind, wenn Tiere sich an Furcht erinnern. Ähnliches konnte ebenfalls bei menschliche Probanden beobachtet werden.

LeDoux (1998, 2003B, 2016) hat gesagt, dass es für Menschen unmöglich sei, eine Erinnerung abzurufen, die nicht im Hippocampus kodiert sei. Daraus folge, dass die Amygdala ihre eigenen Erinnerungen habe und sie nicht mit dem Hippocampus teile, weil beide unterschiedlich funktionierten. Die Amygdala und der Hippocampus hätten jeweils ihre eigene Rolle und kommunizierten miteinander, aber sie kodierten und repräsentierten Informationen auf so unterschiedliche Weise, dass man keine Informationen aus der Amygdala extrahieren und in Etwas übersetzen könne, das der Hippocampus lesen könne. Es ist anzunehmen, dass diese Art von Forschung uns viel über die psychologischen Prinzipien von Gedächtnis und Emotionen sagen kann, nicht nur über ihre biologischen Details.

Ledoux, der sich mit der Emotion der Angst befasst hat, führt gegensätzliche Ansichten über die Amygdala als zentrales neuronales Korrelat des Angstzustands an. Für einige sei der durch die Aktivität der Amygdala repräsentierte Angstzustand ein nicht-subjektives (unbewusstes) neuronales Ereignis, das die Bedrohung mit einer Abwehrreaktion verbinde. Andere würden den Zustand der Amygdala als neuronale Instanz einer subjektiven (bewussten) Angsterfahrung betrachten (LeDoux, 2017). LeDoux sagt, dass wir ein Gehirn hätten, das sich seiner eigenen Aktivität bewusst sei, welche es sprachlich markiere und mit Gedanken und Erinnerungen verbinde und in der Lage sei, all dies zu konzeptualisieren. Furcht und Angst, als Reaktionen auf die Welt um uns herum, seien nicht direkt mit dem Gehirn verbunden, die Verbindung entstünde erst nach der Interpretation der Reaktionen als Angst.

Der von LeDoux vorgebrachte Widerspruch besteht darin, dass Menschen und Tiere in etwa die gleichen neuronalen Schaltkreise zur Abwehr von Bedrohungen hätten, so dass man Tierstudien heranziehen könne, um Furcht und Angst beim Menschen aufzudecken. LeDoux (2012, 2016, 2017) behauptet jedoch, dass diese Aktivierung des neuronalen Abwehrsystems das tatsächliche Erleben von Angst nicht erkläre, obwohl diese Verhaltensweisen in der neurowissenschaftlichen Forschung bereits üblich seien, z. B. instinktive Abwehrverhaltensweisen wie Weglaufen oder Erstarren im Zusammenhang mit größeren, komplexeren Angstphänomenen. Genauer gesagt, Angst und Furcht entstünden erst, nachdem das Bedrohungssystem des Gehirns die erste Reaktion von Gefahr bereits unbewusst wahrgenommen und darauf reagiert habe. Außerdem entstünden Angst und Furcht nicht in einer einzelnen Gehirnregion allein, sondern

seien das Ergebnis des Zusammenwirkens mehrerer Gehirnregionen. LeDoux hat ebenfalls einen bedeutenden Beitrag zur Emotionsforschung geleistet, indem er feststellte, dass in den letzten 20 Jahren beträchtliche Fortschritte bei der Verknüpfung spezifischer Schaltkreise des Gehirns mit emotionalen Funktionen erzielt wurden. Ein Großteil dieser Arbeiten betraf die Erforschung der Pawlow'schen oder klassischen Angstkonditionierung, eines Verhaltensverfahrens, mit dem unsinnige Umweltreize mit emotionalen (defensiven) Reaktionsnetzwerken verknüpft werden (LeDoux, 2003). Die wichtigste Schlussfolgerung der Angstkonditionierungsforschung besagt, dass die Amygdala eine zentrale Rolle bei der Verknüpfung von externen Reizen mit Abwehrreaktionen spielt. Die Forschung hat erklärt, wie diese Reize in die Amygdala gelangen, sie passieren und wieder verlassen (LeDoux, 2000). Dabei spielen autonome Reaktionen eine Rolle, die den Körper auf Handlungen vorbereiten, wie zum Beispiel erhöhte Herzfrequenz zusammen mit Kampf oder Flucht, als spezifische Reaktionen auf bestimmte Reize oder Bedrohungen. Darüber hinaus wurden auch Fortschritte im Verständnis der zellulären und molekularen Mechanismen erzielt, die der Angstkonditionierung zugrunde liegen. Die Erkenntnisse aus Tierversuchen wurden als übertragbar auf das menschliche Gehirn betrachtet. Dies zeigt, dass Forschungen in diesem Bereich nicht nur unser Verständnis der Grundlagen der Angstreaktionen erweitert haben, sondern auch mögliche Implikationen für das Verständnis und die Behandlung von Angststörungen beim Menschen haben könnten.

Panksepp argumentierte auch für die Wichtigkeit der Entwicklung direkter Verhaltensmessungen von Emotionen, z. B. könnten wir bei Angst die potenzielle Schreckreaktion beobachten, die sich leicht auf der Verhaltensebene zurückführen lasse (Panksepp, 1995). Körperhaltung und Gesichtsausdruck sowie Aktivität des ANS[70] spielen eine Schlüsselrolle bei Emotionen. Wir können uns vorstellen, dass Körperhaltung und Gesichtsausdruck sowie Messungen des ANS bei zwischenmenschlichen Interaktionen gute Indikatoren sind, wenn Individuen einer Vielzahl potenzieller emotionaler Reize ausgesetzt sind (Levinson, 2003).

Der orbitofrontale Cortex (OFC) ist in moralische Entscheidungen involviert. Moralisches Verhalten findet sich bei Tieren nicht, und der OFC ist nur schwach ausgeprägt. Man hat festgestellt, dass das moralische Verhalten bei einer Verletzung des Gehirns im OFC beeinflusst werden kann (vgl. der Fall von Phineas Gage; Damasio, 1997). Wenn man die Gehirnentwicklung anschaut, ist der OFC relativ jung und Teil des Präfrontallappens, ein Bereich des Assoziationskortex im menschlichen Gehirn. Aufgrund seiner Rolle in Bezug auf Emotionen und Belohnungen wird der OFC als Teil des limbischen Systems betrachtet (Pessoa, 2008; Rushworth et al., 2007). Forscher haben vermutet, dass der OFC notwendig ist, um die regelmäßige Kontrolle des Verhaltens durch Reize zu verstärken. Einige Tierstudien haben gezeigt, dass Affen mit einer Schädigung des OFC nicht mehr in der Lage sind, Reaktionen auf zuvor belohnte Stimuli zu hemmen, wenn die Beziehung zwischen Stimulus und Belohnung umgekehrt wird, nachdem die Affen gelernt haben, dass die Auswahl eines von zwei Objekten belohnt wird (Wallis, 2007). Weitere neuropsychologische Studien haben auch gezeigt, dass Patienten mit einer Schädigung des OFC nicht mehr in der Lage sind, ihre Entscheidungen zu ändern, um Verluste zu vermeiden, nachdem sie einen Verlust erlebt

[70] *Autonomic Nervous System*

haben. Es wurde in Einzelneuronen-Aufzeichnungen und Neuroimaging-Studien auch festgestellt, dass der OFC auf Verstärkung und verstärkungsbezogene Ereignisse reagiert (Rushworth et al., 2007).

Darüber hinaus haben Forscher etwas Neues herausgefunden und zwar, dass der OFC eine wichtige Rolle bei der Entstehung und Anwendung von Ergebniserwartungen spielen kann (Schoenbaum et al., 2006). So haben Studien mit bildgebenden Verfahren an normalen menschlichen Probanden gezeigt, dass sich der Blutfluss im OFC in Erwartung erwünschter Ergebnisse verändert oder wenn sich der Wert des erwünschten Ergebnisses ändert oder nicht erreicht wird. Dies deutet darauf hin, dass die Aktivität des OFC den Anreizwert dieser Elemente widerspiegelt (Schoenbaum et al., 2006; Wallis, 2007). Wallis (2007) hat festgestellt, dass der OFC mehrere Informationsquellen integriert, um eine Wertung auf der Grundlage des belohnten Ergebnisses zu erhalten. Der OFC plant und organisiert, um das Belohnungsergebnis zu erzielen, und schließlich werden alle Aktivitäten und Anstrengungen in dem medialen OFC/mOFC bewertet. Dieser Teil wird aktiv sein, wenn die Ästhetik der Musik erlebt wird und die Intensität der Aktivierung in diesem Teil proportional zur Intensität der behaupteten Erfahrung von Ästhetik ist (Ishizu & Zeki, 2011). Eine Schädigung des OFC führt zu einem ungewöhnlichen Muster von Defiziten bei Patienten, die über volle kognitive Fähigkeiten verfügen, aber in ihrer Entscheidungsfähigkeit im Alltag beeinträchtigt sind. Die Rolle des OFC bei der Entscheidungsfähigkeit hat in letzter Zeit mehr Aufmerksamkeit erregt. Beer und Kollegen (Beer et al, 2006) untersuchten diese Frage anhand einer Aufgabe zur Risikobereitschaft. Sie präsentierten den Probanden vor einer Glücksspielaufgabe negative und neutrale Bilder und baten sie, die Bilder entweder zu ignorieren oder ihnen mitzuteilen, wenn die negativen Bilder ein höheres Risiko für ein bevorstehendes Glücksspiel bedeuten. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass nicht nur relevante negative Emotionen, sondern auch irrelevante negative Emotionen die Aktivität im lateralen OFC deutlich erhöhten. Darüber hinaus weist Wallis (2007) darauf hin, dass der orbitopräfrontale Gyrus für die Entscheidungsfähigkeit von entscheidender Bedeutung ist, da er eine wichtige Rolle bei der Belohnungsverarbeitung spielt, die sicherstellt, dass unser Verhalten unsere Bedürfnisse am effektivsten befriedigt. Belohnungsmechanismen sind zur Klärung, warum das Hören von Musik Freude bringt, wichtig. Emotionen und Belohnungen spiegeln sich im musikalischen Bereich hauptsächlich in erwarteter Befriedigung und Unzufriedenheit wider. Dafür ist die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion ein wichtiger Indikator. Die Gänsehaut-Reaktion indiziert ein positives emotionales Gefühl oder ein angenehmes Gefühl, das ich im nächsten Kapitel beschreiben werde.

Es gibt noch einen weiteren, lange vernachlässigten, aber für das Verständnis des menschlichen Verhaltens wichtigen Bereich: die Insula, die wie andere Hirnareale in jeder Hemisphäre vorhanden und in verschiedene neuronale Netzwerke eingebunden ist. Neurowissenschaftler konstatieren, dass die Insula die Quelle sozialer Emotionen wie sexuelles Verlangen, Ekel, Stolz, Scham, Schuld und Kompensation ist (Reiman, 1997; Mayberg et al., 1999; Damasio et al., 2000; Phillips et al., 1997; Ploghaus et al., 1999; Blood & Zatorre, 2001). Die Untersuchung des menschlichen Gehirns zeigt eine starke Aktivierung der Insula, nach der Einnahme von Drogen, beim Empfinden von Schmerzen, in Erwartung von Schmerz, bei Empathie, beim Hören von Witzen, beim Sehen eines angewiderten Gesichtsausdrucks, bei sozialer Ignoranz durch Andere,

beim Musikhören, bei negativen Kaufentscheidungen, bei Beobachtung von Betrugsversuchen und Bestrafungen von Betrügern sowie bei der Bewertung der Vorliebe für eine bestimmte Schokolade. Eine Schädigung der Insula kann zu emotionaler Gleichgültigkeit, vermindertem Verlangen und der Unfähigkeit führen, zwischen frischen und verdorbenen Lebensmitteln zu unterscheiden. Patienten mit einer Schädigung der vorderen Insula können die emotionalen Farben von Musik nicht mehr wahrnehmen. Darüber hinaus, da der Mensch einen Moment in der Gegenwart durch die Erwartung eines Moments in der Zukunft erleben kann, kann das Zeitgefühl ebenfalls die Aktivität der Insula erfordern. Intensive emotionale Erfahrungen können somit unser Zeitempfinden beeinflussen. Menschen können das Gefühl haben, dass die Zeit stehen geblieben ist. Dies kann in der Insula geschehen, dem Hirnareal, das sowohl für Zeit als auch für Verlangen zuständig ist.

Obwohl bestimmte Hirnareale mit bestimmten emotionalen Funktionen in Verbindung gebracht werden, scheint es kein einzelnes Hirnareal zu geben, das allein für Emotionen verantwortlich ist. Der Hypothalamus war die erste Hirnregion, die mit Emotionen in Verbindung gebracht wurde (Pessoa, 2008). Pessoa fasste einige der Hirnregionen zusammen, die auf der Grundlage ihrer Häufigkeit in der Literatur in erster Linie mit emotionalen Funktionen in Verbindung gebracht werden. Zu den zentralen emotionalen Hirnarealen, die in der Literatur häufiger genannt werden, gehören die subkortikale Amygdala, der Nucleus accumbens (NCC), der Hippocampus, der orbitofrontale Cortex (OFC), der anteriore zinguläre Kortex (ACC) und der ventrale mediale präfrontale Kortex (VMPFC).

Neuere neurowissenschaftliche Forschungen liefern jedoch umfangreiche Belege dafür, dass die meisten dieser Hirnregionen auch an der kognitiven Verarbeitung beteiligt sind und dass einige von ihnen (z. B. der Hippocampus, präfrontaler Kortex und Parietallappen) auch eine zentrale Rolle dabei spielen (Pessoa, 2008). Einige Studien deuten darauf hin, dass das Kleinhirn auch an der emotionalen Reaktion auf Musik beteiligt ist (Menon & Levitin, 2005), weil es zahlreiche neuronale Verbindungen zwischen dem Kleinhirn und der Amygdala gibt und die räumliche Wahrnehmung des Kleinhirns mit der Bewegung zusammenhängt und eine wichtige Verbindung zwischen Bewegung und Musik die zeitliche Abfolge (sowie *timing*, *entrainment*, etc.) ist. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass der Mensch unwillkürlich zum Grundschlag (*beat*) tanzt und dass wir unsere Emotionen loslassen, wenn wir Musik hören. Und zwar könnten nicht nur emotionale Gehirnregionen beteiligt sein, sondern auch kognitive, von denen man gemeinhin annimmt, dass sie an der emotionalen Verarbeitung involviert sind. Jede Hirnregion ist also ein komplizierter Bereich, der an vielen Funktionen, wie Kognition und Emotion beteiligt ist.

Das Ziel der Kognitiven Neuropsychologie ist es, mehr über die mentalen Informationsverarbeitungssysteme zu erfahren, die der Mensch zur Durchführung verschiedener kognitiver Aktivitäten nutzt (Coltheart, 2002). Dieser Ansatz ermöglicht es, zu untersuchen, wie diese neuronalen Strukturen beim Musikhören erregt und verändert werden. Als Hilfe für eine psychologische Interpretation wird die Frage gestellt, ob Musik bestimmte Bereiche des emotionalen Kontrollsystems des Gehirns auslöst, einen Prozess der mit der Musik selbst zusammenhängt. Die Antwort scheint „ja“ zu sein. Neuroimaging- und elektrophysiologische Studien an normalen Personen und Patienten mit Läsionen haben gezeigt, dass

Musik den Zustand großer neuronaler Systeme im menschlichen Gehirn verändern kann (Habibi & Damasio, 2014). Diese Veränderungen sind nicht auf Gehirnbereiche beschränkt, die mit der auditorischen und motorischen Verarbeitung zusammenhängen. Sie treten auch in Bereichen auf, die mit der Regulierung von Lebensprozessen in Verbindung stehen, einschließlich derjenigen, die in Stimmungen und Emotionen involviert sind. Vor allem treten die Veränderungen in der Insula und dem cingulären Kortex, dem ventralen Striatum, der Amygdala und bestimmten oberen Hirnstammkernen auf. Solche durch musikalische Reize ausgelöste Aktivitäten in den Hirnarealen stellen jedoch kein psychologisches Verhalten dar.

In einer Studie mit 16 Patienten, die eine Epilepsieoperation bekommen haben, wurden diese gebeten, vier Arten von Musik zu hören: schrecklich, ruhig, angenehm und traurig (Gosselin et al., 2005). Auf die gleiche Weise untersuchte das Team auch die unangenehmen Empfindungen, die durch dissonante Klänge hervorgerufen werden. Wenn der Teil von Patienten mit Epilepsie den parahippocampalen Kortex einschloss, war das durch dissonante Klänge hervorgerufene scharfe und unangenehme Empfinden bei diesen Patienten stark reduziert (Gosselin et al., 2006). Diese beiden Studien weisen nicht nur auf die zentrale Bedeutung der medialen temporalen Hirnregionen bei der emotionalen Erfahrung von Musik hin, sondern zeigen auch, dass die Empfindung von musikalischer Angst und Unangenehmem in unterschiedlichen Hirnregionen repräsentiert werden kann.

Das Gehirn kann musikalische Signale über die Hörbahn verarbeiten. Dabei können die Harmonie, die Melodie, die Dynamik, der Rhythmus und das Tempo der Musik emotionale Veränderungen hervorrufen. Musik erreicht die auditiven Organe durch musikalische Töne und Klänge, die durch akustische Schwingungen über das Trommelfell, die Basilarmembran und dann in den Haarzellen in unterschiedliche elektrische Impulse umgewandelt werden. Dadurch können verschiedene Nervenfasern verschiedene Orte im Hörzentrum erreichen, was zu unterschiedlichen musikalischen Erfahrungen führt (Schaefer, 2017). Auf der Grundlage zahlreicher experimenteller Studien mit Musikhörern und Musikern konnte festgestellt werden, dass Musik alle limbischen und paralimbischen Hirnstrukturen erregen kann, einschließlich der Amygdala (Am), des Nucleus ambiguus (NAc) und des Hippocampus (Hipp), sowie paralimbische Hirnstrukturen und des anterioren cingulären Kortex (ACC), des orbitofrontalen Kortex (OFC) und des parahippocampalen Gyrus (PH) und des temporalen Pols (TempP) (Koelsch, 2010). Die Amygdala ist das Zentrum der limbischen und paralimbischen Hirnstrukturen und ist die Drehscheibe für emotionale Erregung, deren Aufrechterhaltung und deren Beendigung.

Wenn Musik in Emotionen umgewandelt wird, ist dies unter anderem auf die Steuerung elektrischer Impulse aus dem Hypothalamus zurückzuführen, die über *electrical pulse signals* des Hirnstamms an den Hypothalamus weitergeleitet werden, der sie kontrolliert und die entsprechende physiologische Erregung auslöst, was wiederum zu einer Stress-Reaktion führt, so dass der Hypothalamus das regulierende und integrative Zentrum des autonomen Nervensystems ist (Craig, 2002).

Der auditorische Kortex ist das Zentrum der Klangverarbeitung im Gehirn und befindet sich in der oberen Temporal-Ebene auf beiden Seiten. In diesem Bereich werden viele Parameter der Musik verarbeitet. Die Neuronen, welche Tonhöhen von hoch bis tief erkennen, befinden sich im auditorischen Kortex. Es

besteht eine hierarchische Beziehung zwischen der Verarbeitung von Tonhöhen repräsentierenden Frequenzen, wobei der präfrontale Kortex und der Thalamus die Tonhöhe beurteilen und der vordere Teil eine Sammlung von Tonhöhen erkennt. Die Wahrnehmung von Tönen wird hauptsächlich in den sensorischen Rindenbereichen des Gehirns, einschließlich des *Superior Temporal Gyrus* und der Heschl'schen Querwindungen und in den Wahrnehmungsbereichen des Kleinhirns aktiviert. Die Intonation und Kontur werden hauptsächlich im transversalen und anterioren Temporallappen des auditorischen Kortex wahrgenommen. Die Rhythmuswahrnehmung ist ebenfalls hierarchisch aufgebaut. Diese aktiviert Hirnareale, die mit der Wahrnehmungsrinde und dem somatomotorischen Kortex, den Basalganglien und dem Kleinhirn verbunden sind und beeinflusst die Aktivität von Arealen, die mit Emotionen in subkortikalen Strukturen verbunden sind. Bei komplizierteren Akkorden werden die Amygdala, die hinteren Kortikalbereiche, der Hirnstamm und das Kleinhirn aktiviert (Levitin, 2007; Levitin & Tirovolas, 2009; Alluri et al., 2012).

Der Musik, die Emotionen beeinflusst, wird im Allgemeinen beispielsweise harmonischen Übergängen, Liedanfängen, Crescendos, musikalische Höhepunkte, absteigende Pentameter oder unerwarteten musikalischem Material zugeschrieben (Spitzer, 2018). Kreutz (2012) geht davon aus, dass musikalischer Rhythmus, Harmonie, Klangfarbe und Lautstärke vier musikalische Parameter sind, die bei der Aktivierung von Emotionen eine wichtige Rolle spielen. Die Harmonie kann mit der Aktivierung paralimbischer und kortikaler Areale verbunden sein, während Dissonanz und Fehlausrichtung Rauheit verursachen können (Blood & Zatorre, 2001). Bei einem bekannten Musikstück ist auch das Gedächtnissystem des Gehirns beteiligt, darunter der linke Hippocampus und der inferiore Frontalkortex, während bei einer unbekannten Melodie der rechte Hippocampus aktiviert wird. Die Zeitschaltkreise des Kleinhirns sind ebenfalls beteiligt, wenn sie bei der Musik *timing* oder einfach Gedankenfolgen vollziehen. Das Spielen von Musik, sei es auf einem Instrument, beim Singen oder Dirigieren, aktiviert motorische Kortexbereiche im Frontal- und Parietallappen sowie sensorische Kortexbereiche. Das Lesen von Musik aktiviert visuelle kortikale Areale. Das Verstehen oder Abrufen von Liedtexten aktiviert die Sprachzentren im Temporal- und Parietallappen (Levitin, 2007).

Sowohl Läsionsstudien als auch Studien mit funktionellen bildgebenden Verfahren haben gezeigt, dass Bereiche des auditorischen Kortex im rechten Gyrus temporalis superior speziell an der Analyse von Tonhöhe und Klangfarbe beteiligt sind (Milner, 1962; Zatorre, 1988; Zatorre & Samson, 1991; Binder et al., 1997). Das Arbeitsgedächtnis für Tonhöhen erfordert Interaktionen zwischen temporalem und frontalem Kortex (Zatorre, Evans & Meyer, 1994). Nach Zatorre, Evans und Meyer (1994) ist ein spezialisiertes Nervensystem im rechten oberen temporalen Kortex an der Wahrnehmungsanalyse von Melodien beteiligt. Der Tonhöhenvergleich erfolgt über ein neuronales Netzwerk, das den rechten präfrontalen Kortex einschließt. Die aktive Aufrechterhaltung der Tonhöhe erfordert jedoch Interaktionen zwischen dem rechten temporalen und dem frontalen Kortex.

In einer funktionellen Magnetresonanztomographie-Studie haben Mitterschiffthaler und Kollegen (Mitterschiffthaler et al., 2007) den vom *Blood-Oxygen-Level-Dependent*-Signalkontrast (BOLD) für den

durch die einzelnen musikalischen Reize hervorgerufenen emotionalen Zustand gemessen. Das Ergebnis zeigt Folgendes: Bei der Darbietung von fröhlicher Musik wurde ein erhöhter Kontrast der BOLD-Signale im ventralen und dorsalen Striatum, im anterioren cingulären Kortex, im parahippocampalen Gyrus und in den auditorischen Assoziationsbereichen festgestellt. Die erhöhte BOLD-Signalantwort im Hippocampus, der Amygdala und den auditorischen Assoziationsbereichen während trauriger Musik stimmt mit den Ergebnissen der von Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2013) durchgeführten Experimente überein, in denen die Präsentation neutraler Musik mit erhöhten BOLD-Signalantworten in der Insula und den auditorischen Assoziationsbereichen verbunden war. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Netzwerk zur Verarbeitung von durch Musik ausgelösten Emotionen das ventrale und dorsale Striatum, welche an Belohnungserfahrungen und Bewegungen beteiligt sind, das anteriore Zingulum, das für die Orientierung der Aufmerksamkeit wichtig ist, und mediale temporale Bereiche, die traditionell bei der Bewertung und Verarbeitung von Emotionen zu finden sind, integriert. Die durch Musikhören ausgelösten Emotionen zeigen diskrete Aktivitätsmuster im auditorischen und motorischen Kortex, an denen durchweg auditorische kortikale Areale und Areale beteiligt sind, die die motorische Kontrolle sowie die somatosensorische und perzeptuelle Verarbeitung unterstützen (Koelsch et al., 2013). Die neurowissenschaftliche Forschung von Pessoa (2008) hat jedoch deutliche Hinweise darauf gegeben, dass die meisten dieser Hirnregionen auch an der kognitiven Verarbeitung beteiligt sind und dass einige von ihnen (z. B. Hippocampus, präfrontaler und parietaler Lappen) auch eine zentrale Rolle bei der kognitiven Verarbeitung spielen.

Blood und Zatorre (2001) führten Experimente zur Gänsehaut-Reaktion beim Musikhören durch, wobei sie die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) einsetzten, um die neuronalen Mechanismen zu untersuchen, die an der beim durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion beteiligt sind. Sie haben Veränderungen des Blutflusses im Gehirn sowie Veränderungen der Herzfrequenz und der Atmung gemessen. Es handelt sich um Bereiche des Gehirns, in denen das ventrale Striatum aktiviert war, sowie andere Hirnstrukturen wie dem Mittelhirn, der Amygdala und dem präfrontalen Kortex, von denen angenommen werden kann, dass dort Vergnügen z. B. durch Essen oder Sex ausgelöst wird. Diese Strukturen sind aktiv, und es wird angenommen, dass diese Hirnregionen an belohnungsbezogener, emotionaler Erregung beteiligt sind. Diese Erkenntnisse zeigen die Verbindung von Musik mit biologischen, überlebenswichtigen Reizen auf, die zusammen neuronale Schaltkreise aktivieren, die wiederum mit Vergnügen und Belohnung zusammenhängen. Musik ist ein stimulierendes Ereignis, und die Gänsehaut-Reaktion ist ein Indikator für eine starke emotionale Reaktion auf Musik beim Menschen.

Viele Studien zum Neuroimaging beim Menschen haben bestätigt, dass durch Musik ausgelöste Emotionen Belohnungsmotivationsschaltkreise, einschließlich des basalen Vorderhirns, des Mittelhirns und orbitofrontaler Regionen sowie der Amygdala, aktivieren können (Blood & Zatorre, 2001). Die Amygdala, der Hippocampus, der parahippocampale Gyrus und die *temporal poles* werden aktiviert. Von den Polen der Temporallappen wurde früher angenommen, dass sie an der emotionalen Verarbeitung von Reizen mit (negativem) emotionalem Wert beteiligt sind (Koelsch et al., 2005B). Diese Erkenntnis stellt eine Verbindung zwischen Musik und biologisch relevanten, überlebenswichtigen Reizen her, die mit

Vergnügungs- und Belohnungsschaltkreisen im Gehirn zusammenhängen. Tiefe Hirnstrukturen einschließlich des ventralen Striatums und des dorsalen Mittelhirns, die mit Belohnung und Motivation in Verbindung gebracht werden (Menon & Levitin, 2005), gehören zu den Hirnregionen, die mit der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion assoziiert werden. Dies deutet darauf hin, dass Musik einige evolutionär alte Hirnstrukturen aktiviert, die mit biologischen Schlüsselfunktionen in Verbindung gebracht werden.

Die Chill-Reaktion auf Musik zeigt sich durch eine Reihe von physiologischen Veränderungen wie erhöhte Herzfrequenz und Schwitzen (Koelsch, 2011). Experimente machen deutlich, dass das autonome Nervensystem (ANS) bei dieser Reaktion aktiviert wird. Die Aktivität des ANS gilt als ein wesentlicher Bestandteil der emotionalen Reaktion. Das ANS ist der Teil des Nervensystems, dessen Funktionen weitgehend unbewusst bleiben. Experimentelle Untersuchungen der peripheren physiologischen Reaktionen bei gesunden Personen haben gezeigt, dass Emotionen das ANS stimulieren können, begleitet von einer Reihe physiologischer Veränderungen und dass positive und negative Emotionen Veränderungen z. B. der Herzfrequenz, des Blutdrucks, der Hautleitfähigkeit und der Atemfrequenz hervorrufen können (Kreibig, 2010). Obwohl die Stimulation dieser Hirnareale den gleichen Blutfluss in denselben Hirnregionen zeigt, deutet dies nicht unbedingt auf eine Gänsehaut-Reaktion hin (Konečni, 2005; 2011).

Lewis (2005) hat die dynamische Systemtheorie (DST) als ein psychologisches Modell, genauer gesagt ein mathematisch-psychologisches Modell der emotionalen Bewertungszustände in Bezug auf neuronale Prozesse genutzt, um eine Verbindung zwischen der Emotionstheorie und der Neurobiologie herzustellen und eine kausale Verbindung zwischen den beiden aufzuweisen. Lange Zeit war die emotionale Intelligenz von Computern wissenschaftlich kaum erforscht. Erst mit der Veröffentlichung des Buches „*Affective Computing*“ (Picard, 1997) konnten erste Forschungsergebnisse präsentiert werden. Ziel der sogenannten affektiven Datenverarbeitung ist es, eine harmonische Mensch-Computer-Interaktion zu schaffen, indem Computern die Fähigkeit verliehen wird, menschliche Emotionen zu erkennen, zu verstehen, auszudrücken und darauf zu reagieren und schließlich Computern künstliche allgemeine Intelligenz (*artificial general intelligence*) zu verleihen. In den letzten fünfzehn Jahren hat das *Affective Computing* als aufstrebende Querschnittdisziplin viel Aufmerksamkeit und Forschungsinvestitionen auf sich gezogen. Gegenwärtig gibt es weltweit viele Labore, die sich mit *Affective Computing* beschäftigen. Sie verstehen menschliche Denkprozesse als rechnerische Prozesse der Informationserarbeitung. Inwiefern das menschliche Gehirn auf diese Weise arbeitet, muss jedoch durch die Forschungen der Kognitiven Neurowissenschaft und Neurobiologie bestätigt werden.

Frühholz und Kollegen (Frühholz et al., 2016) stellen ein neuronales Netzwerk vor, um die Entschlüsselung der Bedeutung von Emotionen aus einer Vielzahl von Klangquellen zu erleichtern. Anstelle der traditionellen Sichtweise, die von unterschiedlichen neuronalen Systemtypen für bestimmte emotionale Klänge ausgeht, vereinheitlicht diese neue Sichtweise des integrierten neuronalen Netzes die Dekodierung von emotionalen Werten in Klängen und weist einem bestimmten Netz von Knoten in einem gemeinsamen neuronalen Netz, sowohl unterschiedliche als auch komplementäre funktionale Rollen zu. Sie unterstreichen

auch die Bedeutung eines ausgedehnten Gehirnnetzwerks, das über das zentrale limbische und auditive System hinausgeht. Ein grundsätzliches Problem besteht darin, dass es in der Hirnforschung schwierig ist, Korrelation und Kausalität scharf zu trennen, da verschiedene Hirnareale an einer Vielzahl von Prozessen beteiligt sind, diese auch bereichsspezifisch sind und mit anderen Bereichen interagieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass uns eine Vielzahl von neuronalen Netzwerkmodellen hilft zu verstehen, wie Emotionen neuronal verarbeitet werden. Die Forschung wird fortgesetzt, und es ist zu erwarten, dass noch mehr Hirnfunktionen aufgedeckt werden. Vielleicht wird es in Zukunft auch Berechnungsmodelle der durch Musikhören ausgelösten Chill-Reaktion geben. Durch die Erforschung der Art und Weise, wie musikalische Ereignisse positive Erfahrungen von Ergriffenheit, Ehrfurcht und Vergnügen hervorrufen, hat sich die neurologische Musikforschung weiterentwickelt, um sich den neuronalen Mechanismen zu nähern und uns ein tieferes Verständnis von der Chill-Reaktion zu vermitteln. Dies geschah durch folgende Fragestellungen: An welchem Punkt des reifen Gehirns entstehen ästhetische musikalische Emotionen, Vorlieben und ästhetische Bewertungen? Wie entwickeln sie sich? Sowohl die Verhaltenspsychologie als auch die Neurowissenschaften können uns allerdings nur sagen, wie emotionale Reaktionen entstehen, konnten jedoch unser Verständnis der subjektiven Gefühle nicht verbessern. Glücklicherweise haben in einer Zeit, in der subjektive Emotionen noch schwer objektiv messbar sind, einige Wissenschaftler versucht, aufschlussreiche Ideen zu entwickeln, die eine Debatte ausgelöst haben, die sich tiefgreifend auf unser Verständnis der Entstehung von emotionalem Bewusstsein ausgewirkt hat.

6 Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als positive Emotion

Musik ist eine Zeitkunst und durch sie repräsentierte Stimmungen und Emotionen ändern sich mit der Zeit. Die Dynamik der Emotionen in der Musik zeigt sich im Wechsel von Höhe- und Tiefpunkten, von Ruhe und Aufregung, der Vorfreude und Erleichterung, der Spannung bis hin zur Auflösung, dem lang ersehnten Wiedersehen, wenn ein Thema wieder aufgegriffen wird, dem Abklingen und der Abneigung am Ende des Liedes. Musik ist eine Belohnung, die über alle Phasen der Belohnung hinweg bewertet werden kann, vom Hören einer Note bis zum Moment des maximalen Vergnügens und die abstrakte Belohnung ist weitgehend kognitiver Natur (Salimpoor et al., 2011).

In Bezug auf die Einzigartigkeit des Individuums hat die Welt eine Bedeutung, weil man sie auf seine eigene Art und Weise kennt. Jeder Mensch gibt der Welt auf seine Art und Weise eine Bedeutung und entwickelt seine Definition von Schönheit. Das bedeutet, dass nicht jeder Mensch auf dieselbe Sache oder dasselbe Lied körperlich reagiert, weil jeder Mensch andere persönliche Vorlieben, eine andere Erziehung und andere Gehirnverbindungen hat. Bei der ästhetischen Bewertung musikalischer Erfahrungen spielt die subjektive Wahrnehmung der Neuartigkeit durch den Hörer eine entscheidende Rolle, die wiederum stark von Wissen und Erfahrung beeinflusst wird (Hargreaves & North, 2010).

Ein Beispiel: Abhängig von den Vorstellungen und Werten, welche einem Individuum innewohnen, wird Musik wahrgenommen und beurteilt. Wenn man aufgrund gewisser Faktoren ästhetisch eingestellt ist, dann wird man das Genre des Punks sehr wahrscheinlich nicht gut finden. Man setzt Punk mit sich selbst und dem eigenen Wertesystem in Beziehung, und es passt nicht zusammen. Man hat im Leben gewisse Erlebnisse, die mit bestimmter Musik verbunden sind. Dies bedeutet jedoch nicht nur simples Hören von Musik, sondern das Verbinden ganzer Erfahrungen damit. Wenn es zum Beispiel hier eine Schädigung oder eine Traumatisierung gibt, die durch Musik ausgedrückt wird, dann verbindet der Hörer oder die Hörerin dies mit gewissen Erlebnissen, die für ihn oder sie auch traumatisierend waren, direkt auf die eigene Person bezogen. Es geht hier um die spezifische Persönlichkeit eines Menschen. Es geht dabei nicht um Äußeres, sondern um den Charakter. Die Beziehung besteht zwischen der Musik und der persönlichen Struktur. Man hasst gewisse Musik und verbindet sie aber dennoch mit einem besonderen Erlebnis oder besonderen Anspruch, obwohl man die Musik auch gar nicht gut findet.

Wir alle versuchen, traurige Reize in unserem täglichen Leben zu vermeiden, aber viele Menschen genießen traurige Musik, und manche behaupten sogar, sie sei ihre Lieblingsmusik (Huron, 2011; Schubert, 2013). Es ist aber allgemein akzeptiert, dass die Gänsehaut, die durch Musikhören ausgelöst wird, eine positive Emotion ist, die ein Gefühl des Wohlbefindens hervorruft (Sloboda, 1991). In ihren Experimenten zur Gänsehaut-Reaktion auf das Musikhören, führte Sloboda viele Begleitreaktionen an (Sloboda, 1991). Die hier untersuchte Gänsehaut-Reaktion ist jedoch nicht konditioniert, da sie von unterschiedlichen Faktoren abhängt, wie z. B. den individuellen Hörgewohnheiten, dem allgemeinen Gesundheitszustand, der Aufmerksamkeit und dem Tageszustand (Grewe et al., 2009B). Grewe und Kollegen argumentieren, dass abgesehen von diesen Faktoren die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion im Allgemeinen als eine positive Emotion betrachtet werde. In einigen Fällen können Hörer jedoch auch negative Gänsehaut-Reaktionen erleben (Bannister, 2019; Halpern et al., 1986). Dies unterstreicht die Rolle musikalischer Stimuli als mögliche Stressoren, die entweder auf der körperlichen Ebene des Schmerzes oder auf der allgemeinen emotionalen Ebene im Sinne von negativen Reizen im positiven oder negativen Sinne bewertet werden können.

Musik hat keine funktionelle Ähnlichkeit mit anderen belohnenden Reizen, sie ist abstrakt und hat keinen offensichtlichen biologischen Wert, aber Menschen hören Musik trotzdem zum Vergnügen. Die Gänsehaut-Reaktion wurde verwendet, um intensive angenehme Reaktionen auf Musik zu messen, und einige Experimente haben gezeigt, dass starke Emotionen als eigenständige Belohnung behandelt werden können, auch wenn es keine greifbare Belohnung oder ein spezifisches funktionales Ziel gibt (Salimpoor et al., 2009). Es wurde auch festgestellt, dass das Erleben der Gänsehaut-Reaktion mit einem Gefühl der persönlichen Kontrolle verbunden ist, d. h., Menschen, die eine Gänsehaut-Reaktion erleben, neigen dazu Musik zu hören, die für sie eine besondere Bedeutung hat und sowohl positive als auch negative starke Emotionen hervorruft (Silvia & Nusbaum, 2011). Weiter konnte festgestellt werden, dass die Gänsehaut-Reaktion von bestimmten Gruppen von Menschen als hedonistisches Erlebnis angestrebt wird, unabhängig von seinem emotionalen Wert (Bannister, 2019). Es gibt weitere neue Forschungsarbeiten, die versuchen, die

derzeitigen Interpretationen der Gänsehaut-Reaktion zu erweitern, indem sie das Erlebnis mit musikalischen Merkmalen, psychophysiologischer Aktivität und individuellen Unterschieden in Verbindung bringen und zwischen wachsamen und sozialen Gänsehaut-Reaktionen unterscheiden. Erstere werden mit Ehrfurcht, Erwartung und Zuhören und letztere mit Ergriffenheit, Empathie und sozialer Verbundenheit in Verbindung gebracht (Brattico et al., 2009). Konečni, der ästhetische Ehrfurcht als subjektive Reaktion auf erhabene Reize im Kontext betrachtet (Konečni, 2011), argumentiert, dass ein Aspekt der ästhetischen Ehrfurcht die existenzielle Sicherheit des Erlebenden sei, die sich von der durch Angst ausgelösten Ehrfurcht unterscheide und dass die existenzielle Sicherheit des Erlebenden ebenso wichtig sei, wie die in Gesellschaft ausgelöste Freude. Die Tatsache, dass Menschen in vielen Kulturen aktiv Musik suchen und konsumieren, ist ein Beweis für ihre Wirkung auf den Menschen (Habibi & Damasio, 2014).

Die Frage, ob Musik gute Gefühle auslöst, ist sehr populär. Die neurowissenschaftlichen Erkenntnisse zeigen, dass Veränderungen des zerebralen Blutflusses, die nach subjektiven Angaben mit Veränderungen der Herzfrequenz und der Atemfrequenz einhergehen, bei Probanden gemessen wurden. Diese hörten Musik, welche das höchst angenehme Erlebnis eines Schüttelfrosts oder eine Chill-Reaktion auslöste, wobei der zerebrale Blutfluss mit zunehmender Intensität dieses Schauderns anstieg (Grewe, 2009). Dieser Sachverhalt wurde in Hirnregionen wie dem ventralen Striatum, dem Mittelhirn, der Amygdala, dem orbitofrontalen Kortex, dem ventralen medialen Kortex und dem ventralen medialen präfrontalen Kortex beobachtet (Blood & Zatorre, 2001). Diese Hirnstrukturen sind als Reaktion auf Reize wie Essen, Sex und Drogenmissbrauch aktiv und somit führen diese neurowissenschaflichen Forschungen zu einer Erkenntnis, die Musik mit biologisch überlebensrelevanten Reizen in Verbindung bringt. Es ist inzwischen allgemein anerkannt, dass einer der Gründe, warum sich Menschen durch Musik gut fühlen, die Aktivierung der Belohnungsschaltkreise im Gehirn ist. Es gibt Bereiche des Gehirns, die als Reaktion auf Belohnungsreize sehr aktiv sind, und Musik wirkt auf diese Weise. Der Rhythmus und der Takt der Musik aktivieren Netzwerke von Hirnarealen, darunter auch subkortikale Bereiche wie die Basalganglien, die an der Verarbeitung von Belohnungen beteiligt sind.

6.1 Traurige Musik weckt nicht unbedingt traurige Gefühle

Darwin (1872) ging davon aus, dass sich die Vorfahren der Menschen durch Töne und Rhythmen zueinander hingezogen fühlten, bevor sie die Fähigkeit zu sprechen entwickelten. Er war überzeugt, dass Musik ihren Ursprung im Balzverhalten der Vögel hatte, so dass sie eng mit einigen der stärksten Leidenschaften verbunden war, die Tiere empfinden konnten. Steven Pinker (1997) dagegen verglich Musik mit einem auditiven Käsekuchen, der bestimmte wichtige Teile des Gehirns, ähnlich wie ein Käsekuchen den Geschmackssinn, auf höchst angenehme Weise berührt. Pinkers Analyse zufolge sei Musik deshalb geistig ansteckend, weil sie all diese leistungsfähigen Systeme gleichzeitig stimuliere. Da sich aber jedes dieser Systeme aus unterschiedlichen Gründen entwickelt habe, könne nicht gesagt werden, dass Musik das Ergebnis einer evolutionären Anpassung sei, sondern eher wie die Fähigkeit ein Dessert zu schmecken, weil

die Geschmacksknospen stimuliert würden. Gabrielsson und Lindström (2003) haben einen Fragebogen verwendet und die Probanden wurden gebeten, ihre intensivsten musikalischen Erlebnisse anzugeben. Nach den ausführlichen Analysen der Antworten kamen sie zu dem Schluss, dass positive Emotionen bei der Beschreibung dieser intensiven Hör- und Musikerlebnisse dominierten. Insbesondere Freude und Glück, Ekstase und Euphorie sowie Frieden und Ruhe wurden angeführt. Zentner und Russell (2006) fanden heraus, dass die motorische Beteiligung an Musik und rhythmischen Klängen positiv mit dem Lächeln von Säuglingen korreliert.

Die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, wird oft als „positive Emotion" bezeichnet. Aber die Musik, die diese Reaktion hervorruft, ist nicht unbedingt fröhlich. Panksepp (2010) hat herausgefunden, dass diese Reaktion oft durch Musik hervorgerufen wird, die mit Traurigkeit gemischt ist oder im Gedenken an gefallene Soldaten gespielt wird. Kivy (1991) hat dieses Phänomen als das Paradoxon der Tragödie bezeichnet. Warum traurige Musik positive Gefühle hervorruft, ist trotz intensiver Forschungen noch immer ein Rätsel und stößt weiterhin auf ein großes Forschungsinteresse (Sachs et al., 2015).

Da traurige Musik den akustischen Merkmalen langsamer Moll-Tonarten in westlichen Musiksystemen entspricht, wählen Forscher oft direkt Musik dieser Tonarten aus oder erstellen ihre eigenen Moll-Akkordfragmente mit Musikbearbeitungssoftware als Versuchsmaterial. Diese Methode der Auswahl hat den Vorteil, dass sie einfach, objektiv und leicht machbar ist, und das ausgewählte Material eine stabile kulturübergreifende Konsistenz aufweist (Fritz et al., 2009). Sie deckt jedoch nicht die gesamte traurige Musik ab. Es hat sich gezeigt, dass auch langsame Musik in einer Dur-Tonart als traurige Musik wahrgenommen werden kann (Gagnon & Peretz, 2003). In der Praxis ist mehr als die Hälfte der von den Probanden selbst als traurig eingestuften Musik sogar in einer Dur-Tonart (Taruffi & Koelsch, 2014). Bei der Auswahl des Versuchsmaterials kontrollierten die Forscher auch Einflüsse wie das Musikgenre (z. B. Klassik, Pop, etc.), die Bekanntheit/Vertrautheit und das autobiografische Gedächtnis der Probanden. Da auch Liedtexte die Verarbeitung und die Vorlieben der Probanden beeinflussen können (Brattico et al., 2011; Mori & Iwanaga, 2014), wird Musikmaterial mit Liedtexten in der Regel von der Auswahl des Musikmaterials ausgeschlossen. Es sei denn, der Einfluss von Liedtexten soll untersucht werden.

Eerola und Kollegen (Eerola et al., 2016; Eerola & Peltola, 2016; Peltola & Eerola, 2016) führten eine Faktorenanalyse der durch traurige Musik hervorgerufenen Emotionen durch und stellten fest, dass traurige Musik Emotionen hervorruft, die als aufgeregte Traurigkeit, beruhigende Traurigkeit und bewegende Traurigkeit klassifiziert werden können. Die aufgeregte Traurigkeit ist negativ und unangenehm, ähnlich der üblichen Definition von Traurigkeit; beruhigende Traurigkeit ist positiv und wenig erregend; bewegende Traurigkeit ist die erregendste der drei Emotionen, die von Gefühlen der Freude begleitet wird.
Diese Freude ergibt sich aus der ästhetischen emotionalen Erfahrung und der physiologischen Erregung, die durch traurige Musik hervorgerufen wird, einschließlich Rührung, Frösteln (d. h. Gänsehaut, die im Gegensatz zur physiologischen Erregung bei Angst oder Ekel ein objektiver physiologischer Indikator für die durch Musik hervorgerufene intensive Freude ist) und Tränen (Eerola et al., 2016; Konečni, 2005;

Menninghaus et al., 2015; Mori & Iwanaga, 2017; Panksepp, 1995; Trost, Ethofer et al., 2012; Wassiliwizky et al., 2017; Weth et al., 2015).

Wassiliwizky und Kollegen (Wassiliwizky et al., 2017) haben herausgefunden, dass das sogenannte pro-soziale Verhalten (*prosocial behavior*) eine entscheidende Rolle beim Auslösen von Emotionen spielt, wobei sie emotional intensive Filmszenen verwendeten, die von den Teilnehmern selbst ausgewählt wurden. Diese psychophysiologische Studie ist die erste, welche die Beziehung zwischen emotionalen Tränen und emotionaler Gänsehaut untersucht. Obwohl beide Phänomene mit Spitzenzuständen des Gerührtseins verbunden sind, sind Details über den Zeitpunkt ihres Auftretens und die damit verbundenen Ebenen der physiologischen Erregung noch unbekannt. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass es selbst in den Spitzenmomenten der emotionalen Erregung einen Intensitätsgradienten geben kann. Die Überschneidung von Tränen und Gänsehaut markiert den maximalen Höhepunkt des Spitzenmoments.

Bei der Untersuchung der Frage, was Traurigkeit in der Musik ist, oder wie sie sich besser erklären lässt, sollten zwei Aspekte der Traurigkeit in der Musik berücksichtigt werden. Erstens hat sich in den aktuellen Studien, die sich auf Instrumentalmusik beziehen, die Traurigkeit im Zusammenhang mit Musik als relativ selten erwiesen. Stücke mit traurigen Texten führen aber zu häufigeren Reaktionen der Traurigkeit. Solche Berichte sind jedoch vieldeutig. Wenn Menschen häufig traurige Lieder mit emotional belastenden Texten hören, könnten sie stärker von Traurigkeit beeinflusst werden. Dies könnte zu vermehrtem Nachdenken über persönliche Herausforderungen oder traurige Ereignisse führen und potenziell die Stimmung beeinträchtigen. Einige Menschen könnten besser in der Lage sein, mit den emotionalen Inhalten von traurigen Liedern umzugehen und sie als eine Art Ventil zur Emotionsverarbeitung nutzen. Zweitens ist es noch nicht klar, ob Traurigkeit im alltäglichen Leben dasselbe ist, wie die Traurigkeit, die durch Musikhören ausgelöst wird. Viele aktuelle experimentelle Befunde deuten darauf hin, dass dies möglicherweise nicht der Fall ist (Konečni et al., 2008). Im Alltag wird Traurigkeit häufig als negativer Zustand empfunden und die meisten Menschen würden solche negativen Gefühle gerne vermeiden. Das Gegenteil ist jedoch der Fall: Traurige Musik kann den Menschen positiv berühren und sogar aufmuntern. Ein Lied könnte einfach deshalb so angenehm sein, weil es wirklich strukturell schön ist und die Traurigkeit nur zufällig mit diesen schönen Melodien einhergeht. Manche Menschen sind sogar überzeugt, wenn sie etwa eine schöne Handlung oder Sache sehen, können warme, aufbauende Gefühle hervorgerufen werden, denn sie können Menschen bewegen und inspirieren (Loui & Przysinda, 2017). Des Weiteren ist musikalische Traurigkeit vielleicht nicht ganz dasselbe wie allgemeine Traurigkeit im Alltag, da aversive Aspekte der Traurigkeit wie Melancholie, Depression oder Unglücklichsein nur selten als Reaktion auf Musik berichtet werden (Laukka, 2007).

Ein wichtiger Grund, warum wir traurige Lieder mögen, ist, dass sie uns zutiefst berühren können. Dadurch können Menschen erschaudern, eine Gänsehaut-Reaktion erleben, von Emotionen überflutet werden, ein warmes Herz haben und sich freuen, wenn sie von ihnen berührt werden. Das kann daran liegen, dass wir uns plötzlich anderen näher fühlen (Menninghaus et al., 2017), was erklären könnte, warum die Menschen, die oft von trauriger Musik berührt werden, außerordentlich viel Empathie besitzen, was es ihnen

wiederum ermöglicht, diese bewegenden Erfahrungen mit anderen zu teilen. Das Gefühl des Miteinanderteilens macht sie anfälliger für Betroffenheit und gibt ihnen ein Gefühl von Trost und Zugehörigkeit. In diesem Fall agiert die Musik als sozialer Akteur und wird zu einem Freund. Sentimentale Musik fühlt sich wie ein imaginärer Begleiter an, der psychologisch unterstützen kann, wenn man emotional in Not ist. Die Emotionen können aber auch von einem Lied herrühren, das eine Erinnerung an einen wichtigen Moment im Leben auslöst, z. B. die Nostalgie in Juslins BRECVEM-Modell. Die tiefe Verbindung zwischen Musik und Erinnerung führt dazu, dass Musik nicht immer mit positiven Gefühlen verbunden ist. Wenn Menschen traurige Musik hören, empfinden nur etwa 25 % von ihnen tatsächlich Traurigkeit, der Rest empfindet verwandte Emotionen, am häufigsten Nostalgie (Juslin, 2013A), und diese Nostalgie trägt dazu bei, unsere Bindung an die Gesellschaft zu stärken und Gefühle wie Leere und Angst zu bekämpfen.

Levinson (1990) hat darauf hingewiesen, dass wir uns Gefühlen, wenn sie uns isoliert, kontextfrei und zeitlich begrenzt angeboten werden, nähern können, als wären wir Weinkenner, die die Köstlichkeiten verschiedener Weine probierten. Wir werden zu Wahrnehmenden von Empfindungen und genießen die qualitativen Aspekte des Gefühlslebens. Die Metapher der Weinverkostung lässt sich auf positive und negative Emotionen gleichermaßen anwenden. So können die Traurigkeit und andere negative Emotionen, die das Bewusstsein prägen, ebenso ruhig verkostet werden, wie die Bitterkeit des Whiskys, wenn man sie von ihren kontextuellen, realen Einflüssen befreit. Es gibt Musik, die ihre Emotionen widerspiegelt, und diese Emotionen werden in gewisser Weise durch die Musik ausgedrückt.

Obwohl viele Forscher der Meinung sind, dass Musik Emotionen vermitteln kann, ist die Wahrnehmung von Emotionen in der Musik eher ein sensorischer und kognitiver Prozess, der nicht unbedingt die tatsächlichen Gefühle des Hörers widerspiegeln könnte. Zum Beispiel wird eine Person nicht unbedingt traurig, wenn sie ein trauriges Musikstück hört. Tatsächlich kann sich die vom Hörer wahrgenommene (oder durch die Musik ausgedrückte) Emotion von der gefühlten Emotion unterscheiden. Es gibt Belege für die Vielschichtigkeit der Beziehung zwischen wahrgenommenen und gefühlten Emotionen (Gabrielsson, 2002). Die von einem Musikstück ausgedrückte Emotion scheint weitgehend von der Anordnung der akustischen und musikalischen Merkmale abzuhängen (Gabrielsson & Lindström, 2010), während die vom Hörer empfundene Emotion durch viele Parameter ausgelöst werden kann und eine kollektive Funktion vieler Parameter ist, einschließlich des emotionalen und psychologischen Zustands des Hörers, der Erinnerung und anderer früherer Hörerfahrungen, umweltbezogener und anderer situativer Aspekte, persönlicher Vorlieben und Einstellungen, kultureller Praktiken usw. Psychologen, die sich mit der Musikwahrnehmung befassen, berichten häufig, dass dieser Aspekt der Wahrnehmung der subjektivste ist und dass verschiedene Menschen je nach ihren Lebenserfahrungen, ihrem Bildungsstand und manchmal auch ihrem kulturellen Erbe verschiedene Arten von Musik bevorzugen. Die Melodie und Struktur von Musik kann sich von Kultur zu Kultur erheblich unterscheiden, und die Wahrnehmung von Musik kann durch die unmittelbare emotionale Reaktion der Menschen beeinflusst werden. Da die Verarbeitung musikalischer akustischer Hinweise kulturübergreifend ist, können Hörer, die durch solche akustischen Hinweise vermittelten musikalischen Emotionen wahrnehmen. In diesem Sinne kennt das musikalische Ohr keine

nationalen Grenzen. Andererseits macht es die kulturelle Besonderheit der Musik aufgrund der unterschiedlichen musikalischen Modulationssysteme der verschiedenen Völker für Hörer anderer Kulturen schwierig, die durch das musikalische Modulationssystem vermittelten musikalischen Emotionen wahrzunehmen. In diesem Sinne hat das musikalische Ohr meiner Meinung nach nationale Grenzen.

Emery Schubert (1996) argumentiert in seiner Dissoziationstheorie (*dissociation theory*), dass Traurigkeit im Alltag in der Regel negative Erfahrungen von Ekel oder Unbehagen auslöse, aber wenn sich das Individuum in einer sicheren und ästhetischen Situation befinde, würden die negativen Erfahrungen entkoppelt. Der Hörer sei von der traurigen Musik distanziert, und es handele sich oft um eine Barriere (Menninghaus at al., 2017). Diese Distanz sei eine Trennung zwischen den physischen und kognitiven Komponenten der Emotion (Schachter & Singer, 1962), bei der wir die Emotionen, die ein Lied in uns hervorrufe, stellvertretend in einem Abstand von der Realität der Situation erleben könnten. So wie ein Tiger, der sich in einem Käfig befindet. Er ist immer noch ein Tiger, aber wir haben nicht mehr so viel Angst vor ihm und können ihn daher sogar mit Neugierde beobachten. Schubert (2009) sagt, dass Musik wie das Spiel eine Aktivität sei, die es erlaube, kognitive Erfahrungen in einer sicheren und freien Umgebung zu erforschen und durch das Zuhören verschiedene Erfahrungen zu machen. Er beschreibt dabei Musik und andere Künste als eine Form des Spiels. Es gebe uns die Möglichkeit, emotionale Gefühle von ihren üblichen Motivationstendenzen im realen Leben zu entkoppeln. Das Hören von trauriger Musik bietet uns einen sicheren, kontrollierten Raum, in dem wir Traurigkeit erleben und erforschen können, ein Gefühl der Entfernung vom realen Leben (Taruffi & Koelsch, 2014).

Die Komponentenverarbeitungstheorie der Emotionen legt einerseits nahe, dass Emotionen das Produkt von Wechselwirkungen zwischen kognitiver Bewertung, emotionaler Erfahrung und Komponenten der Verhaltensdisposition sind (Scherer, 2005). Dennoch besteht ein gewisser Konsens darüber, dass es mehr als eine psychologische oder verhaltensbezogene Manifestation von Emotionen gibt. Neben dem subjektiven Gefühl enthalten sie auch Handlungstendenzen, physiologische Erregung, kognitive Bewertungen und expressives motorisches Verhalten (Niedenthal et al., 2006).

Später ergänzte Schubert (2016) seine Dissoziationstheorie durch die PPH,[71] in der er argumentiert, dass die Dissoziation oder Entkopplung durch einen Bewertungsprozess gesteuert werde, der bewerte, ob der Kontext der Trauer dem realen Leben entspreche (wo Kopplung stattfinde) oder ästhetisch sei (wo Entkopplung stattfinden könne). Was die Bewertung betrifft, so besteht ihr Kern in der Behauptung, dass Emotionen durch die Bewertung von Ereignissen und Situationen verursacht werden (Scherer et al., 2001; Roseman & Smith, 2001; Sylvia, 2012). In einem ästhetischen Kontext behalte Traurigkeit ihre negativen subjektiven Gefühle, aber aversive und negative Handlungstendenzen würden unterdrückt. Die beiden Prozesse laufen gemäß der PPH parallel ab, Dies ermögliche es, dass Traurigkeit immer noch als negativ bewertete Emotion erlebt werde, während sie zu einer insgesamt positiven Handlungstendenz beitrage. Diese durch traurige Musik hervorgerufene Traurigkeit werde dann von der Vermeidungstendenz abgekoppelt, so dass die Musikhörenden die negative Emotion beobachten könnten, wobei die so hervorgerufene Stimmung

[71] *Parallel Processing Hypothesis*

als angenehm empfunden werde. Allerdings hatten nicht alle Teilnehmer dieses Gefühl und einige berichteten, dass sie tatsächlich eine negative Emotion empfanden. Garrido und Schubert vermuten, dass dieses negative Gefühl mit den schlechten Emotionsregulationsstrategien der Probanden zusammenhänge (Garrido & Schubert, 2013, 2015). Die Dissoziationstheorie hingegen legt nahe, dass die durch traurige Musik hervorgerufene Traurigkeit mittels bestimmter Mechanismen angenehm gemacht werden kann. Diese Uneinigkeit erweitert die Debatte darüber, ob Musik Emotionen in einzigartiger Weise hervorruft (Scherer, 2004; Zentner et al., 2008).

Einige Forscher haben argumentiert, dass die Dissoziationstheorie bei der Erklärung der Vorliebe für traurige Musik voreingenommen sei und dass sie keine Antwort auf die Frage gebe, warum zum Beispiel Thriller-Musik nicht in gleicher Weise wie traurige Musik von negativen Erfahrungen dissoziiere (Juslin, 2019; Vuoskoski & Eerola, 2012). Daher gibt Juslin in Form einer Neutralisierungstheorie eine andere Erklärung, die das ästhetische Urteil (aesthetic judgement) in den Fokus stellt und auf dem von ihm vorgeschlagenen BRECVEMA-Modell musikalischer Emotionen basiert (Juslin, 2019). Er argumentiert, dass es eine andere Qualität in der Musik geben müsse, d. h. eine ästhetische Beurteilung wie Schönheit, um zu erklären, warum traurige Musik genossen werde. Ästhetische Urteile über Musik werden als individuelle Urteile des ästhetischen Wertes eines Musikstücks auf der Grundlage vieler subjektiver Kriterien betrachtet (Juslin, 2019). Juslin kombiniert die beiden Extreme des ästhetischen Urteils und des emotionalen Affekts und argumentiert, dass traurige Musik durch den emotionalen Affekt negative Traurigkeit hervorrufe, während das ästhetische Urteil positive Erfahrungen hervorrufe, wenn Menschen die Schönheit trauriger Musik wahrnähmen. Die positive Erfahrung von Traurigkeit und Schönheit vermische sich zu einer angenehmen Traurigkeit, wobei die negative Erfahrung neutralisiert werde. Wenn man sich mit Musik und Emotionen beschäftige, sei es wichtig zu überlegen, welche psychologischen Mechanismen oder Vorgänge dabei eine Rolle spielten und warum, wie z. B. das episodische Gedächtnis. Durch die Musik werde das episodische Gedächtnis aktiviert und mit einer realen Bedeutung im Leben verknüpft, was dann ein Gefühl der Nostalgie hervorrufen könne (Juslin, 2019).

In Hinblick auf die Dissoziationtheorie stellt Juslin in Frage, ob Musik, die schrecklich oder wütend sei, weniger wahrscheinlich dissoziiert werde. Juslins Neutralisierungstheorie besagt auch, dass traurige Musik dieselbe Art von Traurigkeit hervorruft wie die alltägliche Traurigkeit oder die Traurigkeit als Basisemotion, die wiederum negativ und unangenehm ist (Juslin, 2019). Die positiven Gefühle von Traurigkeit und Schönheit werden zu einer beglückenden Traurigkeit vermischt, die negative Erfahrung wird neutralisiert. Juslin betont die neutralisierende Wirkung der Schönheit. Er argumentiert, dass Musik, die nur Traurigkeit hervorrufe, nicht angenehm sei. Musik, die andere negative Emotionen vermittele, habe nicht die Schönheit der traurigen Musik und sei daher nicht so angenehm. Menninghaus und Kollegen (Menninghaus at al., 2017) schlugen später das sogenannte Distancing-Embracing-Model vor, bei dem die gemischten Emotionen, die Musik begleiten, dazu beitragen, negative Emotionen in einen vollständig angenehmen Weg zu integrieren.

Das musikalisch-ästhetische Urteil,[72] das als wichtiger Teil des ästhetischen Urteils gilt, ist ein Urteil über den ästhetischen Wertes eines Musikstücks, das auf vielen subjektiven Kriterien beruht (Juslin, 2013A). Juslin (2013A) hat die BRECVEM-Mechanismen daher zu BRECVEM+A[73] erweitert. Ein Ästhetisches Urteil sei, basierend auf einem individuellen Satz gewichteter Kriterien, eine subjektive Einschätzung des ästhetischen Werts der Musik. Zum Beispiel könnten sich beim Hören eines Musikstücks Fragen ergeben, was diese Musik genau sei, wie sie auf den Zuhörer wirke und wie dieser mit der ausgelösten Traurigkeit umgehen solle. Die kognitive Verarbeitung musikalischer ästhetischer Urteile sei ähnlich wie das allgemeine ästhetische Urteil, weise aber auch eigene Merkmale auf. Juslin und Kollegen (Juslin et al., 2016) stellen ein Rahmenmodell auf, um zu erklären, auf welche subjektiven Kriterien sich Menschen bei einer Urteilsbildung verlassen, und es kann mit diesen unterschiedlichen Kriterien gearbeitet werden, um den ästhetischen Wert von Musikwerken zu erfassen. Da kognitive Urteile durch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt sind, können Individuen zwischen einem und vier ästhetischen Kriterien gleichzeitig berücksichtigen, dazu gehören u. a. Schönheit, Technik, Ausdruck, Originalität, emotionale Erregung, Botschaft und Typikalität (Juslin & Isaksson, 2014). Die Hörer werden entsprechend zu einem bestimmten Zeitpunkt verschiedene ästhetische Kriterien auswählen und beurteilen. Nach der Neutralisierung können sie die Musik unter anderem als etwas Gutes bewerten. Dies führt dann zu einer Neigung (oder Vorliebe) zu dieser Musik, umgekehrt kann Abneigung entstehen (Bullot & Reber, 2013).

Laukka weist auch darauf hin, dass musikalische Traurigkeit möglicherweise nicht ganz dasselbe sei wie allgemeine emotionale Traurigkeit, da aversive Aspekte der Traurigkeit, wie Melancholie, Depression oder Unglücklichsein, nur selten als Reaktion auf Musik berichtet würden (Laukka, 2007). Die menschliche Anziehungskraft von Musik beruht auf den ästhetischen Erfahrungen und starken, von Musik hervorgerufenen, emotionalen Reaktionen. Die Theorie der Basisemotionen geht von angeborenen und universellen Emotionen aus, deren Anzahl begrenzt ist. Sie haben sich entwickelt, weil sie das Überleben fördern, indem sie adaptives Verhalten stimulieren und zur Aufrechterhaltung der physiologischen Balance beitragen (Ekman, 1992A, 1992B). In vielen Neuroimaging-Studien wurde untersucht, ob Musik diese emotionsbasierten Überlebenskreisläufe aktivieren kann (Mitterschiffthaler et al., 2007; Brattico et al., 2011; Koelsch et al., 2013). In der Tat weisen emotionale Reaktionen auf Musik viele Merkmale von Basisemotionen auf, einschließlich einzigartiger subjektiver Erfahrungen, emotionaler Ausdrücke, Handlungstendenzen, Veränderungen in der Aktivierung des autonomen Nervensystems (Juslin & Vastfjall, 2008; Silvia, 2012) sowie auch den Einfluss auf das Denken und die spezifische Bewertungsfähigkeit (Vuoskoski & Eerola, 2012). Es scheint jedoch kontraintuitiv zu sein, dass Instrumentalmusik Basisemotionen hervorrufen könne, da emotionale Reaktionen auf Musik keine eindeutige Ursache hätten, beispielsweise Bedrohungen im realen Leben, Erfolge oder Verluste und keine Ereignisse mit

---

[72] *Aesthetic judgment*

[73] Neben diesen acht Mechanismen gibt es noch den Mechanismus der kognitiven Zielbewertung/*cognitive goal appraisal* (Scherer, 1999). Man könnte verärgert sein, wenn ein Nachbar spät in der Nacht Musik spielt und man behindert wird, schlafen zu gehen. Kognitive Bewertung scheint jedoch in musikalischen Kontexten weniger wichtig zu sein (Juslin et al., 2008). Bis hierhin wurden die Mechanismen zur Induktion von Emotionen durch Musik auf neun erweitert, nämlich die neun BRECVEM+AC (Juslin, 2019), zusammen mit den drei Kodierungsschichten – intrinsisch, assoziativ und ikonisch (ICINAS) –, die schon im vierten Kapitel (siehe S.104) vorgestellt und zu ICINAS-BRECVEM+AC zusammengefasst wurden (Juslin & Sakka, 2019).

offensichtlichen Zielen oder überlebensrelevanten Folgen beinhalten (Konečni 2008; Scherer et al., 2008). Obwohl die Hörer ihre subjektiven Reaktionen auf Musik oft als Basisemotionen interpretieren, können sich diese Reaktionen in den zugrunde liegenden neuronalen Prozessen von den echten Basisemotionen unterscheiden. Auch wenn Hörer ihre subjektiven Reaktionen auf Musik oft als grundlegende Emotionskategorien interpretieren, beruhen diese Gefühle möglicherweise nur teilweise auf denselben neuronalen Mechanismen wie prototypische grundlegende Emotionen, die eine adaptive Bedeutung haben.

Als Antwort auf Juslins Infragestellung der Dissoziationstheorie erklärt Schubert auf der Grundlage seiner parallelen Verarbeitungshypothese, dass negative Emotionen wie Erregung und Wut stärker mit Aversions- und Vermeidungstendenzen verbunden seien und sich nicht so leicht dissoziieren ließen, so dass Menschen Erregungs- und Wutmusik nicht so sehr mögen würden wie traurige Musik. Er bestreitet Juslins Erklärung nicht, glaubt aber, dass Dissoziation der notwendige Mechanismus sei, traurige Musik genießen zu können. Schließlich argumentiert er, dass die Neutralisierungstheorie von der Art der Freude der Menschen an trauriger Musik abweiche, da sie nahelege, dass es nicht die Traurigkeit in der Musik sei, welche die Menschen genössen, sondern andere Kompensationen, die als Neutralisator wirkten (Schubert, 2016).

Musik bringt auch Belohnungen der Vorstellungskraft und der Empathie mit sich (Taruffi & Koelsch, 2014). Die Befriedigung der Vorstellungskraft bietet einen Raum des Erlebens, in dem wir Traurigkeit erleben und daraus lernen können. Die Empathie bietet die Möglichkeit, Emotionen zu teilen. Auch wenn die beiden im vorigen Kapitel besprochenen Hauptgedanken über den Ursprung der Musik nicht absolut sind, hatten die Hörer jedoch im Allgemeinen den Eindruck, dass eine emotionale Synchronisierung erreicht wurde (Schubert, 2016). Beim Hören der Lieder entwickeln wir mehr Empathie, gleichzeitig lernen wir auch, die Dinge besser aus der anderen Perspektive zu sehen, und wir erleben verschiedene Reaktionen auf Trauer, die uns möglicherweise besser auf einen echten, bevorstehenden Verlust vorbereiten.

Wenn psychologische Erklärungen nicht ausreichen, um zu erklären, warum die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion positiv ist, bietet die Neurowissenschaft viele überzeugende Analysen. Es gibt zahlreiche Experimente und Ergebnisse, die aufzeigen, welche Hirnareale beim Hören verschiedener Arten von Musik aktiviert werden und für welche Funktionen diese Hirnareale zuständig sind. Beispielsweise hat PET im Zusammenhang mit der musikalischem Gänsehaut-Reaktion typische Prozesse gezeigt, die an Belohnung, Erregung und Aufwecken beteiligt sind, darunter das ventrale Striatum, das Mittelhirn, die Amygdala, der orbitofrontale Kortex, sowie der ventrale mediale präfrontale Kortex (Benedek & Kaernbach, 2011). Bei der Untersuchung der Gehirnaktivität beim Musikhören haben Forscher zahlreiche Experimente durchgeführt, vor allem mit fMRI, bei der sie das Gehirn scannen und verschiedene Algorithmen des Maschinenlernens verwenden, um zu klären, welche Gehirnregionen aktiviert werden, wenn verschiedene Musik Emotionen hervorruft. Es wurde festgestellt, dass Musik, die angenehme Gefühle hervorruft, die limbischen Bahnen des Mittelhirns aktiviert, es wird auch als “Belohnungssystem” bezeichnet und ist der Dopaminweg im Gehirn. In diesem Bereich findet die angenehme Belohnung statt. Das Belohnungssystem spielt die zentrale Rolle beim Erleben der Freude (Menon & Levitin, 2005). Darüber hinaus löst Musik auch Reaktionen in der Amygdala und dem Hippocampus aus. Die Amygdala baut

emotionale Netzwerke auf und der Hippocampus reguliert Emotionen in Bezug auf Bindungsbeziehungen (Gage & Baars, 2018). Es ist sicher, dass Freude zum Teil aus der Erzeugung und dem Abbau von Spannungen entsteht. Außerdem bestätigt die Forschung, dass Musik, Essen, Sex und Drogen ein gemeinsames Belohnungssystem besitzen (Mallik et al., 2017). Das Belohnungssystem, wie es Neurowissenschaftler nennen, ist eine neuronale Struktur, die Verhalten und Lernen durch die Auslösung angenehmer Emotionen beeinflusst (Sescousse et al., 2013; Menon & Levitin, 2005). Wenn ein Verhalten einem Individuum hilft, zu überleben und sich fortzupflanzen, treibt das Belohnungssystem dieses Verhalten an und belohnt es für die Bewältigung der Aufgabe, wobei das mesolimbische System als zentrale Hirnregion fungiert. Wenn dem Körper beispielsweise Wasser fehlt, ist der Mensch stark motiviert Wasser zu trinken. Die Freude beim Wassertrinken ist die Belohnung des Gehirns für dieses Verhalten.

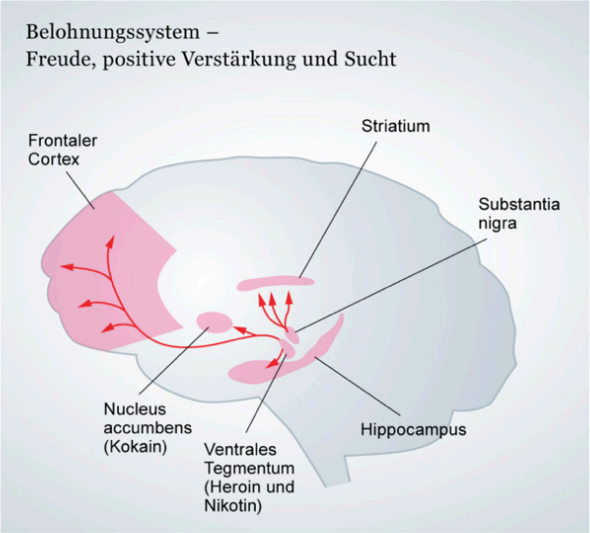

Abb. 7

Zu den Strukturen, die den zentralen Belohnungsschaltkreis des Gehirns bilden, gehören der Nucleus accumbens, die Insula[74], der orbitofrontale Kortex, der Gyrus cinguli und das frontoparietale Netzwerk (Blood et al., 1999; Blood & Zatorre, 2001). Das ventrale Tegmentalareal und das ventrale Striatum sind die zentralen Hirnregionen des Belohnungssystems.[75] Dopamin-Neuronen im Nucleus vomeronasus erhalten neuronalen Input von fast allen Rezeptoren und mehreren Bereichen des Kortex, und verschiedene Arten von Belohnungsreizen lösen die gleichen neuronalen Dopamin-Reaktionen aus (Schultz et al., 1997). Der Nucleus accumbens wird sowohl durch positive als auch durch negative Belohnungsinformationen in allen Phasen der Belohnungsentscheidungsverarbeitung aktiviert, ist jedoch stärker an der Antizipation, dem

[74] nicht alle im folgenden genannten Gehirnstrukturen sind in der Abbildung 7 veranschaulicht
[75] Siehe Abbildung 7

Erwerb und der Bewertung von positiven Belohnungen beteiligt. Der mediale orbitofrontale und der posteriore zinguläre Gyrus werden ebenfalls durch Informationen aktiviert, die mit positiver Belohnung zusammenhängen, während der laterale orbitofrontale Kortex, der anteriore zinguläre Kortex, die anteriore Insula- und der laterale präfrontale Kortex stärker an der Verarbeitung negativer Belohnungsinformationen beteiligt sind. Dies könnte damit zusammenhängen, dass sie mit negativen emotionalen Reaktionen und deren Regulierung verbunden sind. Die Tatsache, dass die Erwartung einer Belohnung selektiv den Gyrus cingulare anterior, die vordere Insula und den Hirnstamm aktiviert, während das Ergebnis der Belohnung den Nucleus accumbens den medialen orbitofrontalen Kortex und die Amygdala aktiviert, deutet darauf hin, dass das Entscheidungsverhalten in Bezug auf eine Belohnung durch die Interaktion verteilter neuronaler Netze erreicht wird, die eine klare Arbeitsteilung und ein Gleichgewicht bei der Belohnungswirksamkeit aufweisen. In einer Studie wurde bezüglich der Hirndurchblutung festgestellt, dass wir auch auf dissonante Klänge stark reagieren, um zu zeigen wie sie uns gefallen. Wenn dissonante Musik gespielt wird, strömt das Blut der Probanden durch das paralimbische System, das mit einer breiten Palette von Emotionen in Verbindung gebracht wird (Bösel, 2006). Die Reaktion des Gehirns auf Musik beschränkt sich jedoch nicht auf das Hier und Jetzt, sondern ist auch stark mit der Vergangenheit verbunden. Musik scheint eine einzigartige Fähigkeit zu besitzen, emotionale Erinnerungen hervorzurufen (McDermott, 2025), und die Erinnerungen, die sich um Musik herum bilden, haben eine starke emotionale Kraft. Sowohl die eindeutig mit solchen Erinnerungen verbundene Musik, als auch die nur schwach verbundene, reicht aus, um die einst beteiligten Emotionen hervorzurufen. Diese Fähigkeit hängt mit einem anderen seltsamen Phänomen zusammen, das mit Musik und Emotionen in Verbindung gebracht wird. Die Intensität der emotionalen Reaktion wächst mit der Vertrautheit mit der Musik. Wenn wir mit einem Musikstück vertraut sind und uns an eine emotionale Reaktion, die in der Vergangenheit stattfand und mit dem Stück in Verbindung stand, erinnern, wird die emotionale Resonanz in der Gegenwart stärker sein. Experimentelle Studien haben gezeigt, dass vertraute Musik stärkere emotionale Reaktionen hervorruft (Peretz et al., 1998) und die Belohnungsschaltkreise des Gehirns stärker aktiviert als unbekannte Musik (Pereira et al., 2011).

Beim Hören von Musik wird der Caudatus im Gehirn des Hörers in Erwartung eines emotionalen Höhepunkts aktiviert. Wenn der emotionale Höhepunkt tatsächlich eintritt, verlagert sich die Aktivierung in den Nucleus accumbens (Salimpoor et al., 2011; Koelsch, 2020). Frühere Forschungen haben ergeben, dass das Hören angenehmer Musik das ventrale Striatum (Nucleus accumbens) und das dorsale Striatum (Nucleus caudatus) aktiviert. Es ist zwischen den folgenden Voraussetzungen der Aktivierung dieser beiden Hirnregionen zu unterscheiden: Der Nucleus caudatus wird aktiviert, wenn der Hörer ein bevorstehendes angenehmes Erlebnis erwartet und sich mental darauf vorbereitet, während der Nucleus accumbens aktiviert wird, wenn die Musik tatsächlich einen Höhepunkt erreicht, an dem der Hörer große Freude empfindet. Folglich gibt einen Zusammenhang zwischen der Struktur der Musik und den Emotionen des Hörers. Weiterhin wird die Freude in eine erwartende und eine erlebende Freude aufgeteilt. Die Hirnareale, die für die erwartende Freude und die erlebende Freude aktiviert werden, unterscheiden sich, nachdem die Musik die Ohren erreicht hat, was wiederum die Beteiligung verschiedener neuronaler Mechanismen bedeutet. In

der Antizipationsphase signalisieren zeitliche Hinweise das Herannahen einer potenziell angenehmen Hörsequenz und stimulieren die Erwartung eines solchen Zustands, wodurch ein Gefühl der Sehnsucht und der Vorfreude auf eine Belohnung entsteht. Die Belohnung durch die Musik ist völlig abstrakt, es handelt sich wahrscheinlich um eine ausgesetzte Erwartung und ein Gefühl der Auflösung. Wenn der Hörer beispielsweise ein lang erwartetes Musikstück hört, löst es eine Gänsehaut-Reaktion aus. Dies bedeutet, dass er die Musik genießt, was eine Belohnung für eine richtige Vorhersage darstellt (Salimpoor et al., 2011).

Andere Forscher haben die bildgebenden Verfahren genutzt, um die Hirnregionen aufzuspüren, die musikalische Freude erzeugen. Wenn wir verstehen, wie Musik das Freudesystem in unserem Gehirn aktiviert, könnten wir erklären, warum wir uns im niedergeschlagenen Zustand durch das Hören von Musik besser fühlen (Cheung et al., 2019). Cheung und Kollegen (Cheung et al., 2019) fanden heraus, dass die relevanten Gehirnregionen die Amygdala, der Hippocampus und der auditorische Kortex sind, die Emotionen, Lernen Gedächtnis und Klang verarbeiten. Ein anderer Teil des Gehirns der Belohnungserwartungen verarbeitet, der Nucleus accumbens, ist möglicherweise die Struktur, die unsere Aufmerksamkeit so auf Musik lenkt, dass wir versuchen herauszufinden, was als Nächstes passieren wird.

Der Nucleus accumbens schüttet Dopamin als Reaktion auf Stimulationen aus, damit uns Freude bereitet wird. Er ist nach Koelsch der Spaß-Motor (Koelsch, 2019) und steht im Zentrum des Belohnungsmechanismus des Gehirns. Aktivierte Kerne des Nucleus accumbens wirken auf den ventralen tegmentalen Bereich (VTA *ventral tegmental area*) und den Hypothalamus. Sie setzen Dopamin frei, sorgen für Glücksgefühle und bilden einen Belohnungskreislauf. Dies ist vergleichbar mit der Ausschüttung von Dopamin nach dem Gewinnen einer Wette oder beim Drogenkonsum (Menon & Levitin, 2005; Koelsch, 2010). Diese Wissenschaftler vermuten, dass dies daran liegen könne, dass Musik uns dazu verleite die gesamte Komposition der Musik vorherzusagen und dass eine funktionelle und strukturelle Konnektivität zwischen den auditorischen Arealen, den emotionalen und den belohnungsverarbeitenden Systemen dieser Vorhersage zugrunde liege. Wenn diese Vorhersage zutreffen sollte, würde Dopamin ausgeschüttet, was schließlich zu einer Chill-Reaktion und einer sympathischen Erregung führen würde. Es hat sich auch gezeigt, dass eine Gänsehaut-Reaktion auftritt, wenn ein neues Instrument oder ein neuer Klang gespielt wird oder wenn sich die Lautstärke oder die Tonhöhe ändert, sowie bei persönlichen emotionalen Erinnerungen, die mit positiven Assoziationen und Freude an der Musik verbunden sind. Die Gänsehaut-Reaktion tritt häufiger bei sensibleren und sozialeren Persönlichkeiten auf (Maes, 2016).

Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion ist also mit der Aktivierung der neuronalen Belohnungsnetzwerke verbunden. Neurotransmitter wie Dopamin und Endorphine werden als chemische Botenstoffe verwendet, die Signale durch Netzwerke senden. Hirnregionen werden sie dann empfangen, sodass es uns möglich ist, Objekte und Situationen zu erkennen, ihnen einen emotionalen Wert zuzuweisen, um unser Verhalten zu steuern und momentane Risiko-Belohnungs-Abwägungen vorzunehmen. Die Gänsehaut-Reaktion, die durch das Hören von Musik ausgelöst wird, ist so mit der Aktivierung neuronaler Belohnungsnetzwerke verbunden, dass wir Freude empfinden. Die Erforschung dieser „Freudesubstanzen“ im Gehirn kann uns auch helfen Verhaltensstörungen besser zu verstehen, die durch neuronal bedingte

dysfunktionale Belohnungsentscheidungen verursacht werden, wie z. B. Drogenabhängigkeit und Depression (Panksepp, 2011). Der Unterschied zwischen Dopamin und Endorphinen besteht darin, dass das glücklich machende Dopamin z. B. durch Essen, Spiele oder Unterhaltung sehr leicht zu bekommen ist, während Endorphine Belohnungen sind, die das Gehirn nach harter Arbeit wie z. B. durch Sport oder Lernen ausschüttet. Werden diese Substanzen beim Musikhören ausgeschüttet, fühlt man sich entspannt und empfindet eine positive Wirkung auf bestimmte negative Emotionen wie etwa Angst. Die Resultate einer großen Anzahl von Experimenten deuten auf eine Erklärung hin, warum Musik eine positive Wirkung auf unser tägliches Leben hat.

Die Menschen werden täglich mit zahlreichen belohnungsbezogenen Entscheidungen konfrontiert. Unsere körperlichen, geistigen und sozioökonomischen Bedingungen stehen in engem Zusammenhang mit den von uns getroffenen Entscheidungen. Daher ist es besonders wichtig die Mechanismen zu untersuchen, die dem normalen Belohnungsentscheidungsverhalten zugrunde liegen. Wenn ein Proband beispielsweise beim Glücksspiel, in der Erwartung zu gewinnen, einen Knopf drückt und sich ein solches Szenario symbolisch im Gehirn eingeprägt hat, dann reagiert das Belohnungszentrum im menschlichen Gehirn, indem es Dopamin freisetzt, sobald das Symbol erscheint, die Versuchsperson den Knopf drückt und somit ihre Belohnung erhält. Wenn sie jedoch tatsächlich das Geld gewinnt, verstummt dieser Bereich des Gehirns und ein anderer Bereich des Gehirns erhält den Nervenkitzel des Gewinns. Dopamin steuert die Handlung, nicht das Vergnügen. Die Aussicht auf eine Belohnung garantiert, dass die Versuchsperson erfolgreich handelt und somit eine Belohnung erhält. Wenn das Belohnungssystem aktiv ist, empfindet sie eher Vorfreude als Vergnügen.

Kurz gesagt, es gibt eine sehr starke Wechselwirkung zwischen der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion und Emotionen. Diese Gänsehaut-Reaktion geht weit über die Hautoberfläche hinaus und kann sich in einem schnellen Herzschlag und einem Kribbeln in der Wirbelsäule äußern (Koelsch, 2011A), die durch die Dopaminausschüttungen im Belohnungssystem des Gehirns verursacht werden. Da die räumliche Auflösung der bildgebenden Verfahren sich verbessert hat, sind die Aktivierungsmuster des Belohnungssystems, die durch angenehme Musik ausgelöst werden, vor allem die im mesolimbischen Pfad des Neurotransmitters Dopamin deutlicher erkennbar geworden (Menon & Levitin, 2005). Beispielsweise entspricht der Rhythmus der Musik genau der Eigenfrequenz eines bestimmten neuronalen Netzes im Gehirn, was zu einem Resonanzeffekt führt, der eine emotionale Erregung hervorruft, die durch die positive Rückkopplung der Signale noch verstärkt wird und die Blut- und Sauerstoffversorgung des Gehirns erhöht (Koelsch, 2011A).

Panksepp (1998) entwickelte die Konzeption des Trennungsangst-Systems und legte dar, dass Trennungsangst durch einen Rückgang der Opioide im Bindungssystem verursacht werden könne, wobei Oxytocin und Prolaktin beteiligt seien. Hierbei handele es sich um Hormone, die während und nach der Geburt verstärkt ausgeschüttet würden und im Allgemeinen mit Gefühlen der Fürsorge verbunden seien. Neurochemisch spielten im Bindungs-System die endogenen Opioide die größte Rolle. Separation sei dann deshalb schmerzhaft, weil die schmerzlindernde Wirkung der Opioide unterbrochen wurde. Dieser einfache,

aber mächtige Mechanismus lehre bereits Jungtiere im Sinne einer negativen Verstärkung in der Nähe der Mutter zu bleiben.

Huron sagt, dass Traurigkeit, die durch Musikhören ausgelöst werde, adaptive physiologische Reaktionen wie z. B. die Freisetzung von Prolaktin auslöse, die dem schmerzhaften Charakter der Traurigkeit entgegenwirken (Huron, 2011). Traurige Lieder verschafften uns Befriedigung, weil sie uns helfen würden einen Sinn zu finden. Weiter zeigten uns traurige Lieder, wie wir die Härten des Lebens verstehen könnten. Der Wert tragischer Künste insgesamt sei, dass sie lehrten, den Schmerz, das Leiden und die Traurigkeit der Welt zu akzeptieren und ihr einen Sinn gäben.

Blood und Zatorre (Blood & Zatorre, 2001) vom *Montreal Neurological Institute* führten viele Experimenten durch, bei denen das Gehirn von Musikern mit Hilfe der Positronen-Emissions-Tomographie beobachtet wurde, während sie stimulierende Musik hörten. Dazu gehörten Rachmaninoffs *Klavierkonzert Nr. 3* und Bachs *Adagio für Streicher*, die das Nervensystem in ähnlicher Weise stimulieren wie Nahrung, Sex und Drogen. Obwohl Musik nicht überlebenswichtig ist, aktiviert das Hören von Musik ebenso wie Geld, Essen und Sex das Belohnungssystem des Gehirns und setzt Dopamin frei. Die Dopaminkonzentration korreliert positiv mit dem Ausmaß der erlebten Freude. Darüber hinaus untersuchten sie die Gänsehaut-Reaktion oder Schüttelfrost, die durch Musikhören ausgelöst werden und als eine höchst angenehme Erfahrung gelten, indem sie den *cerebral blood flow* maßen. Das Ergebnis zeigte, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion von Veränderungen der Herzfrequenz und Atemfrequenz begleitet wurde. Mit zunehmender Intensität dieser Reaktionen wurden Zu- und Abnahmen des *cerebral blood flow* in Gehirnregionen beobachtet, von denen man annimmt, dass sie an Belohnung, Motivation, Emotion und Erregung beteiligt sind. Darunter befinden sich das ventrale Striatum, das Mittelhirn, die Amygdala, der orbitofrontale Kortex und der ventrale mediale präfrontale Kortex (Blood & Zatorre, 2001). Es wird auch vermutet, dass die Aktivierung des anterioren zingulären Kortex und der Insula durchgängig mit autonomer Erregung verbunden ist, was darauf hindeute, dass diese Regionen zu den physiologischen Veränderungen von Herzfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz und Muskeltonus beitragen, die wiederum typischerweise mit Emotionen einhergehen (Beissner et al., 2013).

Alles als angenehm Empfundene stimuliert das Belohnungssystem: ein leckeres Essen, Kaffeearoma, ein sich bewegendes Schild in einem Schaufenster, das Lächeln eines Fremden. Wenn Dopamin ausgeschüttet wird, denkt das Gehirn nur noch darüber nach, wie es die Sachen bekommen oder Handlungen wiederholen kann, die die Ausschüttung ausgelöst hatten. Das ist die Art der Natur und überlebenswichtig. So wird sichergestellt, dass man nicht verhungert, weil man z. B. keine Beeren sammeln will, oder weil bestimmte Personen als potenzielle Partner weniger attraktiv werden, was das Aussterben der Menschheit beschleunigen könnte. Die Evolution sorgt nicht dafür, ob man glücklich ist oder nicht, aber sie nutzt das Versprechen von Vergnügen, um uns dazu zu bringen, für unseren Lebenserhalt zu sorgen. Darüber hinaus bringt uns das Versprechen von Vergnügen dazu, zu jagen, wilde Früchte zu sammeln, zu arbeiten und zu werben, anstatt uns zu erlauben, Vergnügen direkt zu empfinden (Juslin, 2010). Das Hören von Musik aktiviert das Belohnungssystem des Gehirns und setzt Dopamin frei, dessen Konzentration positiv mit dem

Grad der Freude korreliert. Wenn aber gleichzeitig die Aktivität des Belohnungssystems im Gehirn reduziert oder die Übertragung von Belohnungsinformationen blockiert wird, ist die Freude des Zuhörers deutlich geringer. Ungefähr die Hälfte der befragten Personen erlebt eine spezifische Chill-Reaktion, wenn sie emotional erregenden Reizen ausgesetzt sind (Goldstein, 1980). Musik ist als Stimulus besonders wirksam, wenn sie mit emotional erregenden Reizen in Berührung kommt. Die musikinduzierte Erregung wurde anhand der von den Befragten angegebenen Häufigkeit, Intensität und Dauer quantifiziert. In ersten Experimenten mit Naloxon, einem Opiatrezeptor-Antagonisten, erlebten einige Probanden eine verringerte Erregung.

6.2 Inspiration durch positive Emotion

Untersuchungen zeigen, dass Musik die Struktur des Gehirns verändern kann, da motorische oder perzeptive Erfahrungen bestimmte Bereiche des Gehirns vergrößern (Elbert et al, 1995; Münte et al., 2002). Peretz und Kollegen (Peretz, 1996; Peretz & Clotheart, 1998; Peretz, 2003) fanden durch Läsionsstudien heraus, dass bestimmte Bereiche des Gehirns auf die Verarbeitung von musikalischem Wissen wie z. B. auf das melodische Gedächtnis spezialisiert sind. Der Begriff Amusie beschreibt den Zustand der musikalischen Unzulänglichkeit (Johnson & Graziano, 2003). Man unterscheidet einen Verlust der musikalischen Fähigkeit aufgrund einer erworbenen Hirnverletzung, bekannt als erworbene Amusie, im Gegensatz zum Konzept der angeborenen Amusie (*congenital amusia*). Im Jahr 2002 berichteten Peretz und Kollegen (Peretz et al., 2002) über eine Frau mittleren Alters namens Monica, die ein schweres Defizit beim Erkennen von Tonhöhenveränderungen in Melodien hatte, während ihr Hörvermögen, ihre Intelligenz, ihr Gedächtnis und ihre Sprachkenntnisse normal waren. Ihr Defizit beim Erkennen von Musikmelodien war angeboren und wurde daher als angeborene Amusie klassifiziert. Es stellte sich zudem heraus, dass die mit Amusie verbundenen Defizite nicht durch musikalisches Training gelindert oder wiederhergestellt werden konnten. Die Defizite waren relativ unabhängig von anderen kognitiven Defiziten, mit Ausnahme eines gewissen Zusammenhangs mit der räumlichen Kognition. Daher vermuteten Peretz und Vuvan (Peretz & Vuvan, 2017), dass Amusie wahrscheinlich durch ein spezifisch musikalisches genetisches Defizit verursacht wird. Sie stellten außerdem fest, dass Amusie nur 1,5 % der Probanden ausmachte und die Zahl der Frauen mit Amusie etwas höher als die der Männer war.

Weiterhin wurde in Studien gezeigt, dass so wie die Farbenblindheit in rote, grüne und blaue Typen unterteilt wird, auch die spezifischen Erscheinungsformen der Dissonanz in Tonhöhen- und Rhythmusdefizite unterteilt werden kann. Die Melodie ist eine rhythmische Anordnung von verschiedenen Tonhöhen (Cariani & Micheyl, 2012). Tonhöhe und Rhythmus sind zwei grundlegende Elemente der Musik (Platel et al., 1997; Krumhan, 2012; Trainor & Unrau, 2012). Personen mit Tonhöhendefiziten haben ein Defizit in der Tonhöhenerkennung. Es ist die häufigste Art der Amusie. Studien haben gezeigt, dass Menschen mit Tonhöhenproblemen zwar nicht in der Lage sind, die Tonhöhe zu erkennen, aber in Bezug auf den musikalischen Rhythmus normale Leistungen erbringen können (Phillips-Silver et al., 2013; Phillips-Silver

et al., 2011; Palmer et al., 2014; Dalla Bella & Sowiński, 2015). Dies deutet darauf hin, dass das menschliche Gehirn Tonhöhe und Rhythmus in relativ unabhängigen Prozessen wahrnimmt und genetisch möglicherweise eine separate Steuerung erfolgt.

Nicht alle Menschen können die Schönheit der Musik genießen. Mas-Herrero, Zatorre, Rodriguez-Fornells und Marco-Pallarés (2014) haben ein weiteres musikalisches Defizit identifiziert, die musikalische Anhedonie. Im Gegensatz zu Menschen mit Amusie hätten Menschen mit musikalischer Anhedonie eine normale Fähigkeit, Tonhöhen und Rhythmen wahrzunehmen. Sie seien auch generell in der Lage, Freude an Essen, Sex, Geld und anderen Dingen zu empfinden, hätten aber keine Freude an Musik. Studien deuteten darauf hin, dass Musik einerseits genauso lustvoll sei wie Essen, Sex, Drogen und Geld und dass andererseits Musik im Vergleich zu anderen Reizen, spezifische Wege zur Auslösung des Belohnungssystems des Gehirns zu haben scheine. Eine fMRT-Untersuchung bestätigte, dass der Nucleus accumbens (NAcc) bei denjenigen, die an einer Störung des Musikgenusses leiden, weniger aktiv gewesen sei, während dieser beim Stimulus Geld eine normale Aktivität aufgewiesen habe. Darüber hinaus sei die funktionelle Assoziation zwischen dem rechten auditorischen Kortex und dem ventralen Striatum (Nacc) bei Probanden mit Musikgenussdefizit reduziert gewesen. In Gegensatz dazu, sei die Assoziation zwischen diesen beiden Bereichen bei Probanden mit überdurchschnittlichem Musikgenuss verstärkt gewesen (LeDoux, 2012). Dies deute darauf hin, dass der Mangel an Musikgenuss auf eine verminderte Interaktion zwischen dem auditorischen Kortex und dem subkortikalen Belohnungssystem zurückzuführen sei (Martínez-Molina et al., 2016).

Manche Menschen können nicht nur keine Musik genießen, was auf eine Beeinträchtigung ihrer ausschließlich musikalischen Funktion zurückzuführen ist, sondern sind auch nicht in der Lage, zwischen Intensitätsunterschieden in der Sprache zu unterscheiden, so dass die Beeinträchtigung nicht ausschließlich musikalisch zu sein scheint. Im Gegensatz zu reinen Sängern, die verstimmt singen können, singen Menschen mit tonaler Wahrnehmungsstörung nicht nur verstimmt, sondern sind auch nicht in der Lage, subtile Unterschiede in der Tonhöhe zu unterscheiden.

Das Gehirn wird durch den Rhythmus der Musik positiv stimuliert. Es wurde festgestellt, dass das Hören von beruhigender Musik Menschen in einem Zustand der Angst entspannen kann (Davis & Thaut, 1989). Vielleicht, so Patel (Patel, 2003, 2010), könne Musik ähnlich wie bei der Sprache bestimmte Teile des Gehirns stimulieren und somit bestimmte Verbindungen besser wachsen lassen, somit könnten Sprachstörungen mit Musik behandelt werden. Es wird vermutet, dass das Wissen über die Funktionsweise des Gehirns uns helfen wird, neue Medikamente zu entdecken. Ledoux (2016) glaubt jedoch, dass der größte Durchbruch darin bestehen könne, die Gehirnforschung für die Neugestaltung der Psychotherapie zu nutzen.

LeDoux (1998) ist der Ansicht, dass das bewusste, subjektive Erleben einer Emotion (*feeling*) in gewisser Weise unabhängig von der Funktionsweise des emotionalen Gehirns (*emotion*) sei. Er weist darauf hin, dass emotionale Reaktionen in den Schaltkreisen des Gehirns fest verdrahtet seien, dass aber die Art und Weise, wie wir Emotionen empfänden, durch Erfahrung erlernt werde und dass dies der Schlüssel zum Verständnis oder sogar zur Veränderung unserer emotionalen Verfassung sein könne. Musiktraining könne die Struktur und Funktionsweise des Gehirns verändern, und diese Veränderungen würden mit der Dauer des

individuellen Musiktrainings zusammen hängen. Der Hauptgrund für die Auswirkungen des Musiktrainings auf das Gehirn liege in der Art des Musiktrainings selbst, das kognitive Aktivitäten wie Aufmerksamkeit und Gedächtnis beinhalte. Emotionen, Sprache und Gedächtnis seien allesamt Funktionen des Gehirns (Peretz & Zatorre, 2005). Musikalische Aktivitäten könnten die Verbindungen zwischen den Neuronen im Gehirn verbessern und mit der Zeit die Struktur und Funktion unseres Gehirns verändern. Zum Beispiel wirkt Musik direkt auf unseren Hirnstamm, der für unsere Atmung verantwortlich ist und auch Herzfrequenz und Blutdruck reguliert. Der Hirnstamm sorgt dafür, dass wir uns einerseits entspannt und andererseits angespannt fühlen und schafft einen Schutzzustand bei Gefahr. Koelsch (2019) sagt, dass der Hirnstamm viele Antennen habe, die die emotionalen Ausdrücke in der Musik direkt empfangen könnten und dass sanfte musikalische Klänge uns entspannten.

Weitere Experimente haben ergeben, dass Musik direkt Emotionsänderungen hervorrufen kann (Krumhansl, 1997). Während der musikalischen Wahrnehmung passt sich das Gehirn so an die Verarbeitung an, dass diese Prozesse mit zunehmendem Alter schneller und genauer werden. Darüber hinaus erwerben Kinder Fähigkeiten, die sich dann als neue oder veränderte neuronale Verarbeitung präsentieren. Diese Unterschiede zeigen sich auf verschiedenen Verarbeitungsebenen, sowohl bei der relativ einfachen Repräsentation von Tonhöhen oder komplizierten Merkmalen akustischer Reize wie die räumliche Lokalisation sowie Intervall- und metrische Beziehungen, als auch auf der Ebene struktureller Beziehungen und bei der Verarbeitung durch Musik hervorgerufener Emotionen. Musikalische Laien, Amateurmusiker und Profimusiker haben unterschiedliche Grade musikalischer Fähigkeiten. Das macht es möglich, Einflüsse von Training und Lernen auf das Beherrschen musikalischer Fertigkeiten zu betrachten. Durch einen Vergleich dieser Gruppen lässt sich nachvollziehen, wie das Gehirn Anpassungen an außerordentliche Herausforderungen realisiert. Diese Anpassungen werden als Plastizität bezeichnet. Bei dieser geht es um die Stärkung bestehender oder die Bildung neuer neuronaler Verbindungen sowie eine Zunahme des Hirngewebes (vgl. Hebb, 1949). Plastizität spielt eine entscheidende Rolle für die kortikale Entwicklung. Das Wahrnehmen und Ausüben von Musik führt zur vermehrten Verarbeitung auditorischer, motorischer und somatosensorischer Informationen, der Integration dieser Informationen sowie der Kontrolle und Korrektur der eigenen Ausführung. Da Musiker oft bereits in sehr jungem Alter beginnen, ein Instrument zu lernen und mehrere Stunden am Tag üben, stellen sie ein ideales Modell dar, die Plastizität[76] des Gehirns zu untersuchen (Münte et al., 2002; Pantev et al., 2001; Schlaug, 2001).

Es wird viel darüber diskutiert, ob Angst ein psychologisches oder ein physiologisches Problem sei. Es wird argumentiert, dass die Nerven in unserem Gehirn nicht physisch geschädigt seien und dass wir nur ein funktionelles Problem hätten. Im Laufe der Zeit, wenn die Angst zu einer Depression werde, könne die körperliche Schädigung des Gehirns die Genesung sehr erschweren. Aber es sei auch wichtig zu verstehen, dass die Nervenverbindungen im Gehirn plastisch seien und eine sehr starke Fähigkeit hätten, sich selbst zu reparieren. Viel davon hätte mit unserem Lernen zu tun, das neue Nervenverbindungen im Gehirn erzeugen

[76] "Plastizität" oder "neuronale Plastizität" bezeichnet die Fähigkeit des Gehirns, sich durch Training, Erfahrung und Lernen zu verändern.

könne. Lernen gebe unserem Gehirn seine Plastizität. Angst zum Beispiel werde durch eine lange Geschichte von schlechten Denkgewohnheiten und falschen Verhaltensmustern verursacht, die zu neurologischen Störungen und Anomalien führten, welche wiederum körperliche Symptome hervorriefen. Indem wir schlechte Denk- und Verhaltensgewohnheiten durch Lernen korrigierten, werde unser Nervensystem langsam zu seinem früheren Gesundheitszustand zurückkehren.

Es besteht die Frage, wie wir unsere Emotionen besser kontrollieren können. Obwohl die Antwort auf diese Frage in den verschiedenen Kulturen unterschiedlich ausfällt, besteht Einigkeit darüber, dass wir einen gewissen Einfluss ausüben müssen, um unsere Emotionen zu kontrollieren (Gross, 1998). Die Fähigkeit, Emotionen zu regulieren, ist eine wichtige kognitive Funktion der menschlichen Anpassung und der Grad der Anstrengung zu diesem Zwecke bestimmt weitgehend die Auswirkungen negativer Emotionen auf unsere geistige und körperliche Gesundheit (Ochsner & Gross 2005). Regulierung einer Emotion bezieht sich auf die Kontrolle, die wir über die Prozesse haben, welche Emotionen wir produzieren, wann wir sie produzieren und wie wir sie erleben und ausdrücken (Gross, 2002). Indem wir unsere Emotionen durch Musik regulieren, sprechen wir über eine Funktion von Musik, die mehr als nur Unterhaltung dient.

Kreutz und Kollegen (Kreutz et al., 2012) haben herausgefunden, dass im Vergleich zu beruhigender Musik das Hören von anregender Musik mit einer Verringerung der Herzfrequenz verbunden war, einschließlich einer Verringerung der nieder- und hochfrequenten Leistung der Herzfrequenz, was einem Anstieg der Herzfrequenz entspricht. Als Patienten mit Herzkrankheit eine spezielle Entspannungsmusik vorgespielt wurde, führte dies zusammen mit einer Verringerung des Blutdrucks, der Angst und der Sorgen zu einem deutlichen Rückgang der Beta-Endorphin-Konzentration. Beta-Endorphin ist ein Hormon, dessen erhöhte Konzentration mit Stress in der Umgebung in Verbindung gebracht wird. Musiktherapie zeigte ebenfalls, aufgrund eines verringerten Beta-Endorphin-Spiegels, positive Wirkung vor einer Operation und während einer Operation. Aktuelle Erkenntnisse deuten auch darauf hin, dass Emotionen, die durch Musikhören ausgelöst werden, sich auf die regionale Aktivität des Herzens auswirken, die sich wiederum im Amplitudenmuster des EKG widerspiegelt. Bei Herzpatienten (ähnlich wie bei anderen Patientengruppen) reduziert Musik Schmerzen und Ängste und geht mit einer niedrigeren Herzfrequenz und einem niedrigeren Blutdruck einher. Die Lautstärke oder physikalischer Schalldruck scheint mit der psycho-neuroendokrinologischen Reaktion auf Musik zusammenzuhängen. Crescendo in der Musik kann zu spezifischen Modulationen der kardiovaskulären Aktivität führen (Kreutz, 2012). Folgende strukturelle Faktoren in der Musik verursachen musikalische Spannung: Harmonische Ordnung, Lautstärke, Tonhöhe und Klangfarbe können die Spannung regulieren. Musikalischer Rhythmus kann die kardiovaskuläre Dynamik beeinflussen (Kreutz, 2012; Kreutz et al., 2012). Wie bei Medikamenten führen die psychischen Prozesse, die mit dem Erleben von Musik verbunden sind, zu Veränderungen im Hormonsystem des Menschen.

Die Erforschung dieser kausalen Zusammenhänge dient der wissenschaftlichen Grundlage der Musiktherapie. Nach Koelsch gibt es eine therapeutische Komponente bei neurologischen Schädigungen des Gehirns, die das Verhalten beeinflussen. Wie Koelsch (2019) in der Quartett-Theorie argumentiert, spiele der

Hippocampus eine wichtige Rolle, da der Hippocampus für unser Lernen, unser Gedächtnis und unser räumliches Orientierungsvermögen verantwortlich sei. Er gehöre jedoch nicht zum Teil des Vergnügungsnetzwerksystems des Gehirns. Dies sei in Studien an Patienten mit Gedächtnisstörungen festgestellt worden. Musik könne aber den vorderen Teil des Hippocampus erregen und Stress regulieren (Koelsch, 2019). In seinem Buch „Good Vibrations: Die heilende Kraft der Musik“ (Koelsch, 2019) gibt er viele Beispiele dafür, wie Musik im Alltag, mit dem Ziel zu entspannen und positiv auf unsere Gesundheit zu wirken, eine Rolle spielen kann. Neben der Gänsehaut-Reaktion, die wir beim Hören von Musik bekommen und die uns das Gefühl gibt, dass sie uns positive Emotionen beschert, könne Musik auch auf das Unterbewusstsein einwirken und helfen negative und pathologische Gedanken in positive umzuwandeln (Koelsch, 2021).

Als Hörer sind wir uns oft nicht bewusst, dass Musik eine aktive Rolle bei solchen erhebenden, beruhigenden und inspirierenden Wahrnehmungen spielt. Das Hören findet nämlich nicht in der äußeren Welt des hörbaren Klangs statt, sondern in der inneren Welt unseres Geistes und Gehirns. Wenn wir von den adaptiven Wirkungen der Musik sprechen, meinen wir eigentlich ihre Funktionen. Eine wichtige Funktion der Musik ist die Katharsis oder Reinigung. Beispielsweise kann man beim Hören von Liedern über Liebeskummer, die lange gespeicherten, negativen Emotionen loswerden, anstatt diese Emotionen einfach wieder zu spüren. Es wurde mit verschiedenen Messmethoden herausgefunden, dass Musiktherapie den größten Einfluss auf die Atmung hat, gefolgt von Muskelspannung und Schmerzmittelgebrauch (Bunt, 1997). Da die Messmethoden jedoch noch nicht ausreichend standardisiert sind, erfordert es weitere umfangreichere Forschungsarbeiten, um sie mit den relevanten genetischen und neurowissenschaftlichen Studien zu verknüpfen (Panksepp, 2006, 2011). Darüber hinaus können aus den derzeitigen Experimenten noch keine endgültigen Schlussfolgerungen gezogen werden, da die Makrostruktur der musikalischen Organisation und die kulturellen Unterschiede nur wenig erforscht sind, und der Schwerpunkt auf musikalischem Material auf der Ebene von musikalischen Phrasen liegt, wie sie in der westlichen Popularmusik typischerweise verwendet werden.

Es gibt jedoch noch viele Bereiche, was die Anwendungen betrifft, z. B. die Bedeutung der Antizipation für die Emotion in der Musik. In einer in der Zeitschrift *Current Biology* veröffentlichten Studie wurden 80 000 Akkordfolgen von 745 populären Liedern der *Billboard Hot 100 Singles-Charts* aus den Jahren 1958 bis 1991 analysiert. Forscher aus wissenschaftlichen Einrichtungen in Deutschland, Norwegen, Dänemark und dem Vereinigten Königreich nutzten Maschinelles Lernen, um die Unsicherheit und den Überraschungsfaktor dieser Akkorde zu quantifizieren. Sie baten 39 erwachsene Freiwillige den Grad des Vergnügens zu bewerten, den die einzelnen Akkorde auslösten. Damit das Ergebnis nicht durch den möglichen Einfluss anderer Elemente des Liedes auf den Hörer verfälscht werden konnte, wurden Melodie und der Text aus jedem Lied entfernt, so dass nur Akkordfolgen übrig blieben. Die Forscher fanden zwei Dinge heraus: Erstens empfanden die Teilnehmer mehr Freude beim Hören einer unerwarteten Akkordfolge, wenn sie mit größerer Sicherheit wussten, welcher Akkord als nächstes kommen wird. Die gleiche Anzahl von Teilnehmern gab jedoch an, dass sie auch Freude empfanden, wenn sie nicht wussten, welcher Akkord

als nächstes kommen würde, aber eine vertrautere Akkordfolge hörten. Die Forscher fanden heraus, dass die richtige Mischung aus Ungewissheit und Überraschung den Hörgenuss ausmache. Es ist faszinierend wie Menschen allein durch die Reihenfolge von Akkorden Freude an einem Musikstück empfinden können. Die Musik, die uns glücklich macht, ist in der Regel diejenige, die ein empfindliches Gleichgewicht zwischen den Akkorden, die wir als Nächstes erwarten und denen, die wir unerwartet hören, aufrechterhält (Cheung et al., 2019). Die Forscher erklärten, dass Freude an Musik mit Erwartung zusammenhänge. Die Studie von Cheung und Kollegen konzentrierte sich jedoch auch auf die Unsicherheit der Erwartungen der Hörer. Ihre Ergebnisse könnten dazu beitragen, künstliche Musikalgorithmen zu verbessern, Kompositionen zu erstellen oder musikalische Trends vorherzusagen.

Ich denke, man kann sich immer fragen, welche Art von Stimmung oder Emotion man mit einer algorithmisch generierten Musik erzeugen will. Schwieriger ist jedoch, wie ein Komponist dies erreichen kann. Ein schnelles Lied kann sehr aufregend sein, aber es ist eine schwierige Frage, welche Technik benutzt werden kann, um eine bestimmte Stimmung oder Emotion zu erzeugen. Wenn man die emotionale Kraft spürt, die von der Musik ausgeht, kann man sich weiter fragen, warum der Zuhörer eine Gänsehaut-Reaktion bekommt. Wenn wir das Gefühl haben, dass die Musik unsere inneren Gefühle nachahmt, denken wir, dass es für jedes Element der Musik einen Grund gibt. Zum Beispiel könnten große Trommeln den Herzschlag und kleine Trommeln kleine Bewegungen repräsentieren.

Ein Gesangsstück, das Traurigkeit oder Freude darstellt, kann, auf einer Harfe gespielt, immer noch anhand seiner Melodie erkannt werden. Diese Fähigkeit liegt im vorderen Teil der Insula (Sachs et al., 2018), der auch für einige innere Körperempfindungen verantwortlich ist. Das ist ein sehr wichtiger Gehirnteil, durch den wir auch die Gefühle anderer Menschen wahrnehmen können. Sachs und Kollegen (Sachs et al., 2018) haben zudem herausgefunden, dass Menschen, die empfindlicher für Empathie sind, besser in der Lage sind, zu unterscheiden, ob ein auf einer Harfe gespieltes Lied Traurigkeit oder Freude ausdrückt. Dies hat einige Auswirkungen auf den Musikunterricht, in dem es wichtiger ist, den Schülern beizubringen, die Gefühle anderer durch musikalische Aktivitäten wahrzunehmen als ihr musikalisches Können zu zeigen.

Lange Zeit war man der Meinung, dass sich spezifisches musikalisches Training direkt auf die kognitiven Fähigkeiten auswirke. Das neuronale System, mit dem das Gehirn Musik wahrnehmen könne, könne das gleiche System sein, das wir zum Zuhören und Analysieren menschlicher Sprache nutzen. Es könne auch besser für die kognitive Entwicklung von Kindern sein, wenn sie Musik machten (Peretz et al., 2015). Meiner Meinung nach ist die Studie von Peretz und Kollegen sehr interessant. Aber ich würde auch sagen, dass es sich bei den Ergebnissen im Wesentlichen um Korrelationen handelt. Sie sind wahrscheinlich nicht kausal. Wir wissen daher nicht mit Bestimmtheit, ob musikalisches Engagement zu Veränderungen in der Kognition führt. Wenn wir phänotypische Korrelationen sehen, ist eine weitere mögliche Hypothese, dass es für einige dieser Korrelationen eine gemeinsame genetische Grundlage geben könnte. Das sind also die Arten von Fragen, die wir zu stellen beginnen und die Art und Weise, wie die Neurowissenschaften und die Kognitive Psychologie uns dann dazu bringen, Fragen zur Genetik zu stellen.

7 Fazit sowie Schwierigkeiten, Herausforderungen und zukünftige Perspektiven der Erforschung von Gänsehaut-Reaktionen auf Musik

7.1 Fazit

Die Arbeit untersucht die Gänsehaut-Reaktion, die durch Musikhören ausgelöst wird, um die biologischen und die neurowissenschaftlichen Grundlagen der Musik zu besprechen. Im Prozess der Erforschung der emotionalen Reaktionen auf Musik gibt es verschiedene theoretische Ansätze und Forschungsmethoden, wie die Evolutionäre Musikologie, die Emotionspsychologie und die Kognitive Neurowissenschaft. Durch diese interdisziplinäre Verschmelzung erhalten wir ein umfassenderes Verständnis für die emotionalen Erlebnisse der Menschen in Bezug auf Musik. Diese Studie über die durch das Hören von Musik ausgelöste Gänsehaut-Reaktion umfasst hauptsächlich zwei Forschungsbereiche: Musik und Emotion. Es wurde, der Theorie von Jaak Panksepp (1995, 2003, 2010) folgend, angenommen, dass die Gänsehaut-Reaktion als ein evolutionäres Relikt der thermoregulatorischen Reaktion auf Kälteempfindungen gilt. Er argumentierte, dass die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion, eine auf eine evolutionäre Geschichte zurückgehende adaptive Funktion gehabt habe. Das Prinzip der Gänsehaut-Reaktion auf Kälte und Angst sei bei Menschen und Säugetieren grundsätzlich dasselbe. Die Gänsehaut sei eine physiologische Reaktion und falle in den Bereich der physiologischen Forschung. Zunächst bot der Behaviorismus einige Erklärungsansätze. Die Entwicklung vom Behaviorismus zur Kognitionswissenschaft, die sich mit dem Mentalen befasst, konnte den Erklärungsmangel des Reiz-Reaktions-Modells mit der Zeit ausgleichen. Die Forschungsergebnisse des Behaviorismus zu den Ursprüngen der Musik und insbesondere der Musikalität scheinen auf eine Gemeinsamkeit bei den durch das Hören von Musik hervorgerufenen Gefühlen von Glück oder Traurigkeit hinzudeuten. Diese Gemeinsamkeit könnte darauf hinweisen, dass es etwas gibt, das in der Natur der Musik liegt.

Das Thema der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion veranlasste uns beispielsweise dazu, über die adaptive und nicht-adaptive Funktion der Musik nachzudenken. Ein Vergleich zwischen menschlicher Musikalität und „Vorläufern“ zur Musikalität beim Tier würde es ermöglichen, mehr über den Ursprung der Musik zu erfahren. Eine sehr wichtige Funktion der Musik ist die Stärkung der sozialen Bindungen. Jaak Panksepps Konzeption des Trennungsangst-Systems behauptet, dass bestimmte akustische Eigenschaften und Dynamiken zu Gänsehaut führen könnten, weil sie Notrufen von einigen Tieren ähnlich seien.

Zuerst haben wir die beiden völlig gegensätzlichen Emotionstheorien, die James-Lange-Theorie und die Cannon-Bard-Theorie, behandelt. Dann gibt es die Annahme, dass menschliche Emotionen die Vergangenheit unserer Vorfahren widerspiegeln und dass grundlegende emotionale Reaktionssysteme wie z. B. für Angst und Wut in verschiedenen Spezies weit verbreitet sind. Die Erforschung der *Basic Emotions* erklärt angeborene menschliche Emotionen und geht über das Gebiet der Humanpsychologie hinaus. Sie

bezieht die Evolutionsbiologie und Ethologie mit ein. Die Forschung zum *Core Affect* kritisiert die Grundannahmen der Untersuchungen zu den *Basic Emotions* aus verschiedenen Blickwinkeln und besagt, dass die Kernelemente des Kern-Affektes der emotionalen Erfahrung Valenz (angenehm und unangenehm) und Erregung sind. Obwohl diese Standpunkte in der Emotionsforschung völlig gegensätzlich sind, erweitern sie gemeinsam unseren Blick auf die Erforschung von Emotionen.

Verschiedene Arten von musikalischen Elementen und strukturellen Merkmalen spielen ihre Rollen bei der Auslösung von Emotionen. Die musikbedingte Gänsehaut-Reaktion ist ein Indikator für starke Emotionen. Sie betrifft nicht nur die physiologische Ebene wie Kältereaktionen und Veränderungen der Herzfrequenz, sondern auch die individuelle Wahrnehmung und das subjektiv bewusste Erleben von Freude, Rührung oder Angst. Die physiologischen Reaktionen verweben sich mit der psychischen Bewertung und bilden gemeinsam unsere emotionale Musikerfahrung. Die Quartett-Theorie von Koelsch und Kollegen (Koelsch et al., 2015) lässt uns erkennen, wie verschiedene Gehirnregionen mit bestimmten Emotionen korrelieren. Die psychologische Erklärung – zusammen mit den komplexen Verbindungen und Interaktionen zwischen den Neuronen und der Freisetzung von Neuromodulatoren – erhellt unsere emotionale Erfahrung von Musik. Dies ermöglicht uns zu verstehen, warum die Gänsehaut-Reaktion eine positive Erfahrung ist. Allerdings stehen wir trotz der wichtigen Fortschritte bei der Erforschung der Gänsehaut-Reaktion auf Musik immer noch vor vielen Schwierigkeiten und Herausforderungen.

7.2 Schwierigkeiten und Herausforderungen der Erforschung von Gänsehaut-Reaktionen auf Musik

7.2.1 Definitionsschwierigkeiten und methodische Herausforderungen in der Emotionsforschung

Eine Schwierigkeit in der Forschung liegt zunächst darin, eine klare Definition für die Beschreibung von Emotionen zu finden. Obwohl die Erforschung von Emotionen bis in die frühen Jahre der modernen Biologie und Psychologie zurückreicht, gibt es aber keine klare Definition von Emotion. Dies erklärt möglicherweise, warum sich die Emotionsforschung so langsam entwickelt hat. Das zweite Problem besteht darin, dass wir den emotionalen Begriffen keine präzise Bedeutung zuordnen können. Obwohl in der Forschung häufig von Emotionen wie Traurigkeit gesprochen wird, könnte die durch die Musik repräsentierte Traurigkeit möglicherweise nicht dasselbe sein wie die im Alltagsleben erlebte Traurigkeit. Wir stehen daher oft vor verschiedenen Problemen einer ungenauen Terminologie in der Emotionsforschung.

Ein weiteres Problem liegt darin, dass die psychologische Literatur über die musikbedingte Gänsehaut-Reaktion eine Reihe von Einschränkungen aufweist. So sind die derzeit verfügbaren Messmethoden noch sehr begrenzt. Trotz der Verfügbarkeit verschiedener objektiver Messgrößen wurden in den meisten Studien Selbstauskünfte über die Gänsehaut-Reaktion herangezogen. Obwohl es einige Belege aus der Experimentalpsychologie gibt, auf die man sich stützen kann, steckt dieser Forschungsbereich noch in den Anfängen. Die Methodik der verfügbaren Studien ist zudem nicht einheitlich. Es fehlt eine

Standardisierung und Reproduzierbarkeit. Eine weitere Einschränkung besteht darin, dass derzeit nur ein kleiner Teil der psychologischen Forschung an Erkenntnisse der biologischen Forschung anknüpft. Obwohl der Mensch mit einigen anderen Lebewesen gemeinsame Vorfahren und biologische Aspekte hat, erfolgt die Forschung zur Gänsehaut-Reaktion in der Psychologie nahezu isoliert von anderen Bereichen wie Ethologie, Evolutionstheorie und Neurowissenschaften. Zum Beispiel werden Selbstberichte über Gänsehaut-Reaktionen häufig in einem breiten Rahmen sozialer und emotionaler Theorien (wie Ehrfurcht oder Rührung) diskutiert. Es ist aber noch immer unklar, wie diese Beschreibungen mit neuronalen Prozessen zusammenhängen. Schließlich wurden die Musikwahrnehmung sowie die Diskussion über Emotionen und die neurowissenschaftlichen Grundlagen des Hörens und der Emotionen fortgesetzt, um die verschiedenen Probleme der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktionen besser zu verstehen. Die wissenschaftliche Untersuchung der Emotionen erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit auf verschiedenen Ebenen, die in der Erforschung von Emotionen involviert sind und umfasst inzwischen nicht nur die Psychologie, sondern auch die Neurowissenschaft, z. B. die neuronalen Grundlagen der Reaktionen oder chemische Reaktionen und Biologie.

7.2.2 Einige weitere Herausforderungen: Bewusstseinsforschung und Tierforschungen zur Gänsehaut-Reaktion auf Musik

In Verbindung mit dem Behaviorismus, den Ursprüngen der Musik und der Musikalität scheinen die Untersuchungen auf gewisse Gemeinsamkeiten bei den Menschen hinzudeuten. Es scheint auch eine Gemeinsamkeit bei den Gefühlen von Glück oder Traurigkeit zu geben, die das Hören von Musik hervorruft. Diese Gemeinsamkeiten erwecken den Eindruck, dass es etwas gibt, das in der Natur der Musik liegt. Es gibt zwei Positionen über den Ursprung der Musik: Musik sei erfunden oder sie sei entdeckt worden. Das Prinzip der Gänsehaut-Reaktion auf Kälte und Angst ist bei Menschen und Säugetieren grundsätzlich dasselbe. Die Sichtbarkeit der Gänsehaut, ob es sich nun um Gänsehaut auf den Armen oder um unsichtbare Teile wie das Gefühl eines kalten Schauers, der über den Rücken läuft, handelt, fällt in den Bereich der Physiologie. Die Untersuchung von psychisch-emotionalen Zuständen wie etwa Angst oder Wut fällt in den Bereich der psychologischen Forschung, wobei einige Erklärungen zunächst vom Behaviorismus angeboten wurden. Die Entwicklung vom Behaviorismus zur Kognitionswissenschaft und Kognitiven Psychologie, die sich mit dem Konzept des Geistes befassen, konnte jedoch die Erklärungsmängel des Reiz-Reaktions-Modells mit der Zeit ausgleichen.

Sowohl die Psychologie als auch die Neurowissenschaften verstehen Musik und Emotionen auf unterschiedliche Weise. Diese verschiedenen Disziplinen konzentrieren sich in der Regel auf unterschiedliche Erkenntnisse und Fragestellungen, so dass diverse Forschungsansätze, Messmethoden und Theorien ins Spiel kommen. Das Thema der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktion hat uns beispielsweise dazu veranlasst, über die adaptive und nicht-adaptive Natur der Musik nachzudenken. Dabei hat uns Panksepps Konzeption des Trennungsangst-Systems, die von der behavioristischen Sichtweise des Fliehens vor Gefahr inspiriert wurde, eine Perspektive vermittelt, die zeigt wie psychisch erlebte Angst

neuronal vermittelt ist und dadurch eine Gänsehaut-Reaktion hervorruft. Die Forscher haben fortschrittliche Technologien sowie Techniken eingesetzt. Dies geschah besonders bei der Analyse von rhythmischen Reaktionen auf Musik, um zu untersuchen, warum Musik beim Menschen ein gutes Gefühl hervorruft und um die emotionalen Veränderungen im Gehirn beim Musikhören zu beobachten. Gänsehaut ist ein Indikator für ein starkes Gefühl und gilt als ein physiologisches Phänomen.

Es ist davon auszugehen, dass Ekmans Theorie der Basisemotionen im konzeptionellen Sinne durch die Idee von Bedeutung ist, dass wenn verschiedene emotionale Funktionen auch verschiedene Arten des Überlebens betreffen, unterschiedliche Emotionen auch entsprechende neuronale Grundlagen haben sollten. Die Logik ist einfach: Da verschiedene Perspektiven des Überlebens durch entsprechende Verhaltensreaktionen erreicht werden und diese Verhaltensreaktionen in jeweiligen Szenarien verschiedene neuronale Kontrollnetze erfordern, können die entsprechenden neuronalen Systeme gut aktiviert werden. Zudem hat Panksepp Daten gesammelt, die darauf hindeuten, dass bei verschiedenen Emotionen unterschiedliche (oder zumindest leicht unterschiedliche) Gehirnsysteme beteiligt sind. Die Arbeit von LeDoux (1996) über das Angst- oder Abwehrsystem hat wiederum einige der Details aufgezeigt. Diese Theorien befassen sich mit den neuronalen Funktionsmechanismen und dem evolutionsbiologischen Ursprung von Emotionen des Menschen.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die menschliche Gänsehaut-Reaktion auf Musik mit Erkenntnissen aus Tierstudien zur Gänsehaut-Reaktion auf Musik zu ergänzen wäre. Ich habe keine Literatur über eine Gänsehaut-Reaktionen bei Tieren auf Musik gefunden. Vielleicht hätten Tiere auch keine Gänsehaut Reaktionen, wenn sie Musik hörten. Daher gab es keine Möglichkeit, Daten aus Tierstudien über die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion in die vorliegende Arbeit einzubeziehen. Aber ein Vergleich zwischen tierischer und menschlicher Musikalität würde es uns ermöglichen, musikalische Emotionen besser zu verstehen, wenn wir Untersuchungen über die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion diskutieren. Die durch Musik ausgelösten Emotionen beruhen auf den akustischen Eigenschaften der Musik, diese werden durch kulturelle Einflüsse und die persönliche Geschichte beeinflusst.

Wie aus den Studien über die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion hervorgeht, wurde das psychologische Konzept des Bewusstseins ausgiebig erforscht, wobei man sich, wie in der Dissertation angedeutet, auf ein psychologische Modell des Bewusstseins und die neurologischen Grundlagen seiner Relevanz oder umgekehrt auf die Funktion des Bewusstseins durch die Untersuchung der neuronalen Mechanismen im Gehirn konzentriert. Dies bedeutet, dass wir nur Erklärungen im Sinne der empirischen Forschung geben können. Die Neurowissenschaften liefern einige überzeugende Erklärungen. Insbesondere die Untersuchungen der Gehirne von Tieren, die nahe Verwandte des Menschen sind, haben es ermöglicht, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu entdecken und besser zu verstehen. Trotz des enormen technologischen Fortschritts der Kognitiven Neurowissenschaft konnte sie das Leib-Seele-Problem bisher nicht lösen (Chalmers, 1995, 1996). Man kann, solange wie bewusste oder unbewusste mentale Strukturen und Operationen in der Kognitionswissenschaft als Konzepte benötigt werden, um das Verhalten in Bezug auf eine Situation oder einen Stimulus zu erklären, von einem Leib-Seele-Problem sprechen.

Anschließend wurden Betrachtungen über die Musikwahrnehmung und ihr Vergleich mit der Sprache sowie die Diskussion über Emotionen und damit die neurowissenschaftlichen Grundlagen des Gehirns fortgesetzt, um die verschiedenen Probleme der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktionen besser zu erklären. Die Emotionsforschung bezieht sich auf die interdisziplinäre Untersuchung verschiedener Ebenen, die mit Emotionen zu tun haben und umfasst nicht nur die Psychologie, sondern auch die Biologie, in der beispielsweise die Grundlagen neuronaler oder chemische Reaktionen untersucht werden. Im Jahr 1974 wurde der Artikel „*What is it like to be a bat*" (Wie ist es, eine Fledermaus zu sein?) des Philosophen Thomas Nagel veröffentlicht. Dieser Artikel erweckte wieder das Interesse an der wissenschaftlichen Erforschung des Bewusstseins, der Subjektivität oder der *first-person perspective* – Phänomenen des Geistes, die sowohl bekannt als auch schwer fassbar sind. Seit 1990 haben die Fortschritte bei den bildgebenden Verfahren in der Hirnforschung es den kognitiven Neurowissenschaftlern ermöglicht, den Zustand des Gehirns unter verschiedenen Bedingungen auf präzise Weise zu beobachten. Mit Beiträgen aus Psychologie, Philosophie, Biologie, Informatik, Linguistik, Anthropologie, den Neurowissenschaften und vielen anderen Bereichen macht die Bewusstseinsforschung heute schnelle Fortschritte. Die Wissenschaftler beginnen zu erwarten, dass sie in der Lage sein werden, das Bewusstsein erklären zu können. Wie im Artikel von Nagel erwähnt, werden Emotionen ausgelöst (Frijda, 1986), und die ausgelösten Ereignisse scheinen eine besondere Rolle zu spielen: Sie sind nicht einfach nur Stimuli, sondern scheinen durch ihre Bedeutung, ihre Implikationen, ihren belohnenden oder unangenehmen Charakter zu funktionieren. In dieser Hinsicht ist die Untersuchung der Herkunft der Emotionen dasselbe wie die Frage, woher das Bewusstsein kommt und ist ebenso schwierig.

LeDoux hat die erste Angstkreislauf-Karte des Gehirns gezeichnet. Die Region um die Amygdala und die angrenzenden Strukturen erzeugen gemeinsam die Fähigkeit, auf Bedrohungen und Gefahren zu reagieren. Nach jahrelanger wissenschaftlicher Forschung hat LeDoux bemerkt, dass ein weit verbreitetes Missverständnis weitgehend auf seine Arbeit zurückzuführen ist. Ein Missverständnis, das durch die Verbreitung der Neurowissenschaften allmählich in die Wissenschaft eingedrungen ist und zu unserem Missverständnis von Furcht und Angst geführt hat. Heute haben die meisten Wissenschaftler falsch verstanden, dass der Angstkreislauf die erlebten Gefühle von Furcht und Angst direkt verursacht. LeDoux ist der Ansicht, dass dies nicht der Fall ist, der Angstkreislauf kann nicht das tatsächliche Erleben von Angst oder Furcht erklären. Es ist wichtig zwischen dem subjektiven Erleben (*feeling*) von Angst und dem neuronalen Angstkreislauf (*emotion*) zu unterscheiden.

Der Grund für dieses Missverständnis ist leicht zu finden. Da Menschen und Tiere in etwa die gleichen Gehirnschaltungen zur Abwehr von Bedrohungen besitzen, werden Tierversuche herangezogen, um Furcht und Angst beim Menschen aufzuzeigen. LeDoux behauptet jedoch, dass diese Aktivierung des neuronalen Abwehrsystems nicht das tatsächliche Erleben von Angst erklärt, obwohl diese Verhaltensweisen in der neurowissenschaftlichen Forschung bereits klar und deutlich sind, wie z. B. der Einsatz von instinktiven Abwehrverhaltensweisen wie Fliehen oder Erstarren im Zusammenhang mit größeren, komplizierteren Angstphänomenen. Genauer gesagt, Angst und Furcht treten erst auf, nachdem das

Bedrohungssystem des Gehirns die erste Spur von Gefahr bereits unbewusst wahrgenommen und darauf reagiert hat. Außerdem werden Angst und Furcht nicht von einer Gehirnregion allein ausgelöst, sondern sind das Ergebnis des Zusammenwirkens vieler Gehirnregionen.

LeDoux argumentiert, dass es für die Zwecke der wissenschaftlichen Forschung von großer Bedeutung sei, Angst und Furcht als grundlegende Bestandteile des menschlichen Erlebens zu behandeln. Es könne mit Sicherheit gesagt werden, dass es nur beim Menschen die Situation gäbe, dass sie nachts aufwachten und sich Gedanken über ihre Ersparnisse machten und auch darüber, ob ihr Leben einen Sinn habe. Es reiche daher nicht aus, mit Tiermodellen das Dilemma lösen zu wollen, das Freud selbst das menschliche Angstproblem nannte. Stattdessen sei eine umfassendere und auch phänomenologische Beschreibung von Furcht und Angst erforderlich, einschließlich ihrer Besonderheiten, insbesondere im Hinblick auf menschliche Eigenschaften.

Die verschiedenen Methoden der Neurowissenschaften sowie die Ergebnisse, die aus der Analyse der entsprechenden experimentellen Daten gezogen wurden, haben viel dazu beigetragen, die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion besser zu verstehen. Meines Erachtens reichen die bisher gewonnenen Erkenntnisse jedoch noch nicht aus. Dies betrifft insbesondere die Interaktion von Emotion und Kognition sowie die derzeitige starke Fokussierung auf die Neurowissenschaften. Es gibt noch viele scheinbar unüberwindbare Schwierigkeiten. Unsere Gehirne sind keine Computer. Sie gehen nicht einfach vom Input zum Output. Viele der dazwischen liegenden Prozesse sind immer noch unerklärt: Der Funktionalismus kann nicht erklären, warum genau diese Funktion und nicht eine andere, wenn die Gänsehaut-Reaktion durch das Hören von Musik als Bedeutung der Musik angesehen wird. Die Gänsehaut wird als eine Reaktion auf Musik angesehen, die uns das Gefühl vermittelt, Schönheit, die einfach ganz natürlich und ohne Grund auftritt, zu erleben.

Bei diesen Aussagen stellt sich die folgende Frage: Warum dieses Gefühl und nicht ein anderes, warum diese Funktion und nicht eine andere, warum diese Reaktion und nicht eine andere, oder was führt das Eine zum Anderen. Einige Emotionsforscher vertreten die Position, dass Emotionen durch Emergenz entstünden. Auch Chalmers verweist auf Emergenz als Erklärung für bestimmte Phänomene, wie das in Kapitel 4 dargestellte *das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile*. Aber dies ist die einzige Erklärungsmöglichkeit, und sie auch kann nicht als endgültig angesehen werden. Es gibt auch eine funktionalistische Erklärung, die das Mentale als eine Funktion oder Leistung des Gehirns auffasst. Nehmen wir als Beispiel den Schmerz. Nach dem Funktionalismus bedeutet die Aussage, wenn man sich in einem Schmerzzustand Z befindet, dass eine Schädigung des Körpergewebes diesen internen Zustand verursacht hat und dieser zu einem Reizvermeidungsverhalten führt. Aus der Perspektive der Kognitiven Neurowissenschaft ist bekannt, dass der Zustand des Feuerns oder die Aktivität der Fasern N genau diese Funktion erfüllt, so dass wir sagen können, dass das Feuern der Fasern N die neuronale Grundlage von Z ist. Wenn also eine Person Schmerzen hat oder sich einem Schmerzzustand befindet, können Kognitionswissenschaftler eine funktionelle Erklärung liefern. Umgekehrt müssten, wenn im Gehirn einer Person die N-Fasern aktiviert sind, kognitive Neurowissenschaftler vorhersagen können, dass die Person

Schmerzen hat. Sie befindet sich somit im Zustand Z. Wenn sich also eine Person in einem Schmerzzustand befindet oder die korrespondierenden N-Fasern ihres Gehirn aktiv sind, könnten Kognitionswissenschaftler und kognitive Neurowissenschaftler theoretisch eine funktionale Erklärung liefern. Aber die funktionalistische Erklärung vernachlässigt die Frage, warum das Gehirn Bewusstsein produziert oder analog, warum das Gehirn Emotionen produziert.

Da sich die Genetik weiterentwickelt, ist es spannend mit den neuen Methoden, die zur Verfügung stehen, die Genetik hinsichtlich der Frage nach einer kausalen Erklärung einzubeziehen, um wiederum rein funktionale Erklärungsansätze zu erweitern. Was sind also die genetischen Einflüsse auf das musikalische Engagement? Wie beeinflussen bestimmte Gene die Entwicklung von Gehirnschaltkreisen, die dann durch Musik aktiviert werden? Wie überschneidet sich dies mit den Möglichkeiten, wie wir Musik nutzen können, um unsere Stimmung und Konzentrationsfähigkeit zu verbessern?

Meine Meinung ist, dass die genetische Forschung helfen kann, Einblicke in die Beziehung zwischen Genen, Gehirn und Verhalten zu gewinnen und zu verstehen, wie sich diese sehr komplizierten Phänomene entfalten. Es gibt noch weitere unbeantwortete Fragen: Welche Gene hängen direkt mit musikalischer Begabung zusammen? Welche physiologischen und kognitiven Mechanismen liegen verschiedenen musikalischen Defiziten zugrunde? Gibt es bei anderen Spezies neben der sensomotorischen Synchronität noch andere musikalische Begabungen? Was sind die biologische Bedeutung und die evolutionären Wege der musikalischen Begabung? Dies sind Fragestellungen, denen sich die Musikforschung in Zukunft widmen sollte.

7.2.3 Einige Überlegungen für die zukünftige Forschung

Die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion kann noch nicht vollständig erklärt werden. Die bisherigen Erkenntnisse sind noch sehr begrenzt und können bisher nur einen kleinen Aspekt der Gänsehaut-Reaktion erhellen. Das aber hindert nicht daran, die Schönheit der Musik zu genießen. Die Musik präsentiert, was man sagen möchte, aber nicht sagen kann. Die Gänsehaut-Reaktion ist auch als eine Art der Erwartungserfüllung beschreibbar. Sie ist eine Art Kompensation für einen leeren Teil einer Erwartung oder eines Wunsches. Eine Erfüllung oder Nicht-Erfüllung von Erwartungen in der Musik, die eine bestimmte Emotion hervorruft und eine Nicht-Erfüllung, die eine Lücke schafft, die zu groß ist, um uns zu überraschen oder eine Gänsehaut-Reaktion zu verursachen (Meyer, 1956; Huron, 2006; 2011).

Wenn uns zum Beispiel ein langjähriger alter Freund einen Brief schreibt, können wir in dem Moment, in dem wir den Brief sehen, eine Gänsehaut bekommen. Vielleicht ist es ein intensives Gefühl der Überraschung und Freude, genau das passiert auch in der Musik. In der Musik können bestimmte Melodien, Harmonien oder Texte starke emotionale Erinnerungen hervorrufen, die uns an vergangene Erfahrungen erinnern oder uns mit besonderen Momenten verbinden. Ebenso kann der Brief eines langjährigen Freundes ähnliche Erinnerungen und Gefühle hervorrufen. Wenn wir den Brief lesen, könnten wir uns an vergangene gemeinsame Erlebnisse, glückliche Momente oder besondere Beziehungen erinnern, die eine starke

emotionale Verbindung herstellen und in uns eine Gänsehaut-Reaktion auslösen. Diese Verbindung zwischen Emotionen, Erinnerungen und Musik ist eine faszinierende Facette des menschlichen Erlebens und zeigt wie Musik und zwischenmenschliche Beziehungen unsere Emotionen auf ähnliche Weise beeinflussen können.

Jedes Musikstück ist einzigartig in seinem dynamischen emotionalen Ausdruck. Sowohl der Komponist als auch der Interpret müssen die Verbindung zwischen den verschiedenen Stimmungen und die Struktur des Stücks berücksichtigen. Durch die Analyse spezifischer musikalischer Merkmale und Strukturen, wie z. B. die Verwendung verschiedener Akkordfolgen, Rhythmen und Klangfarben, um Traurigkeit oder Zärtlichkeit auszudrücken, konnten die Forscher herausfinden, wie die Musik verschiedene Emotionen durch musikalische Merkmale und Strukturen ausdrückt. Diese Studien können auch Komponisten inspirieren. Mit der Entwicklung der Musikproduktionstechnologie und den Fortschritten in der Psychologie bei der Erkennung von Emotionen, wie sie beispielsweise im *affective computing* untersucht wird, wird die Beziehung zwischen Musik und Menschen durch die wachsende Zahl von emotionalen Reaktionen und Mustern der Gehirnaktivierung beim Hören von Musik neu definiert. Dies wird zu einem nuancierteren und umfassenderen Verständnis des emotionalen Ausdrucks in der Musik führen, was wiederum zu einer tieferen Erforschung der Mechanismen führen wird, die die Gänsehaut-Reaktion auslösen. Forscher können Instrumente wie bildgebende Verfahren zur Beobachtung der Gehirnaktivität während der Gänsehaut-Reaktion einsetzen, um die Mechanismen dieses Phänomens auf neuronaler Ebene besser zu verstehen.

Obwohl ich die durch Musikhören ausgelöste Gänsehaut-Reaktion als ein Indikator für starke Emotionen betrachte, habe ich meine Erklärung nicht auf die rein psychologische Untersuchung der Emotionen beschränkt, sondern auch die kognitiven und mentalen Aspekte sowie die Ausschüttung von Neurotransmittern wie Prolaktin oder Dopamin mit einbezogen. Die Untersuchungsebene der Neuromodulation ermöglicht es Kausalität bzw. kausale Erklärungen in die Forschungen einzuführen. Eine interessante Fragestellung ist, wie menschliche Wahrnehmung und Kognition physiologische Prozesse beeinflussen. Die Beantwortung dieser Frage erfordert eine Synthese von Erkenntnissen und Theorien aus verschiedenen Forschungsbereichen. Was die Anwendungen betrifft, besteht ein Bedarf an mehr Zusammenarbeit z. B. mit Ärzten in Krankenhäusern. Krankenhäuser haben die Möglichkeit, Musiktherapieprogramme zu etablieren und Fachkräfte wie Musiktherapeuten oder Musikpsychologen einzustellen. Diese Experten können den Patienten dabei helfen, Stress, Angst und Schmerzen zu lindern und die Genesung zu fördern. Der Beitrag der Musik zur Medizin wurde vielfach nachgewiesen (Pacchetti et al., 2000) und hat ein großes Entwicklungspotenzial.

Ein weiteres Forschungsgebiet besteht darin, die verschiedenen Musikgenres und Kulturen der Welt aus einer Makroperspektive zu betrachten, um Gemeinsamkeiten oder Unterschiede festzustellen und zu vergleichen, um wiederum ihre Inhalte zu identifizieren. Die chinesische Musik ist beispielsweise eine andere Art von Musik oder Kultur als die westliche. Man könnte daher argumentieren, dass die chinesische Musik nicht nur einen weiteren Ausgangspunkt für das Studium der durch Musikhören ausgelösten Gänsehaut-Reaktionen darstellt, sondern auch, wie ich überzeugt bin, um vom Studium der chinesischen

Musik zu profitieren. Forscher haben Experimente mit amerikanischen Hörern durchgeführt, die chinesische Musik hörten. Dabei zeigte sich, dass wortlose Klänge bei zwei Gruppen von Hörern mit sehr unterschiedlichen kulturellen Prägungen wahrgenommene Erzählungen auslösen können und die Erzählung selbst eine vorgefertigte Form der musikalischen Erfahrung ist (Margulis et al., 2019). Bestimmte Narration auslösende Klänge, hängen, wie die intrakulturelle Kongruenz zeigt, von kulturellen Anpassungsprozessen ab. Diese Prozesse führen jedoch zu interkulturellen Unterschieden bei den bestimmten Ausschnitten, in denen die Erzählung aufgenommen wird. Die Musikethnologie beschäftigt sich ausgiebig mit chinesischer Musik auch in der Musikpsychologie findet man Untersuchungen zur chinesischen Musik. Wichtig wäre hier, Ideen zu entwickeln, wie die Einbeziehung chinesischer Musik zur Erforschung intensiver Emotionen und der Gänsehaut-Reaktion beitragen könnte. Wenn wir den kulturellen Kontext der menschlichen Musik verstehen wollen, ist meiner Meinung nach auch die chinesische Musik ein wichtiger Analysebereich. Dies beinhaltet die Musik auf der Grundlage der chinesischen Musiktheorie, die Analyse ihrer Struktur, der verschiedenen Elemente der Musik und die Frage, ob sie mit den Ergebnissen der aktuellen westlichen Musikforschung übereinstimmt und ob diese Übereinstimmung einerseits die Gänsehaut verursachende Einheit weiter bestätigt. Welche Rolle spielt der soziale Kontext bei der Verarbeitung, Wahrnehmung und Bewertung von Musik? Die Analyse wird die Untersuchung des kulturübergreifenden Phänomens vertiefen, wie ungeübte chinesische Hörer auf Musik reagieren, die Gänsehaut-Reaktionen hervorruft. Dieses Vorgehen kann auch als eine zukünftige Musikanalyse gelten.

Patrick Savage (2013; 2019; 2022) ist der Meinung, dass wir einen inklusiven, multidisziplinären Bereich schaffen sollten, der die traditionellen qualitativen Methoden der Musikwissenschaftler und Kulturanthropologen mit den quantitativen Methoden der Naturwissenschaften kombiniert. Durch die Integration verschiedener Disziplinen und Perspektiven könnten Forscher ein umfassenderes Verständnis für die Entwicklung und Entfaltung von Musik erlangen. In diesem multidisziplinären Rahmen können Menschen besser verstehen, wie die Beziehung zwischen Musik, Gesellschaft, Kultur und menschlichem Verhalten ist und Musik in verschiedenen kulturellen und historischen Kontexten entsteht und sich entwickelt. Diese Fusion kann einen nützlichen theoretischen Rahmen bieten, um die Vielfalt und Veränderung der Weltmusik zu verstehen. Ich denke, dass die Untersuchung der chinesischen Musik in Bezug auf ihre Grundlagen in der chinesischen Musiktheorie, die Analyse ihrer Struktur und verschiedener musikalischer Elemente, sowie die Vergleiche mit den Ergebnissen aktueller westlicher Musikforschung von Bedeutung ist. Dies ermöglicht es, Gemeinsamkeiten zu bestätigen, die die Gänsehaut-Reaktion hervorrufen könnten und gleichzeitig die Rolle des sozialen Kontextes bei der Verarbeitung, Wahrnehmung und Bewertung von Musik zu untersuchen. Zudem kann sie einen vertieften Einblick in das kulturübergreifende Phänomen bieten, indem sie die Reaktionen ungeübter chinesischer Hörer auf Musik erforscht, die Gänsehaut-Reaktionen auslöst. Durch diese Herangehensweise, der Einbeziehung chinesischer Musik zur Erforschung intensiver Emotionen und der Gänsehaut-Reaktion, könnten neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Jeder dieser Forschungsansätze bildet liefert einen Beitrag zur Musikwissenschaft, den er aus seiner Perspektive darstellt. Es handelt sich bei allen um Musik, die jedoch auf unterschiedliche Weise und aus verschiedenen Perspektiven untersucht wird. Wir sollten all diese verschiedenen Forschungsansätze und deren Ergebnisse zusammenführen, denn das wird uns helfen, die breitere, kompliziertere Musik als Ganzes zu verstehen.

Literatur

Adorno, T. W. (1973). Fragment über Musik und Sprache. In J. Knaus (ed.), Sprache, Dichtung, Musik. Texte zu ihrem gegenseitigen Verständnis von Richard Wagner bis Theodor W. Adorno (pp. 25–39). Max Niemeyer Verlag. https://doi.org/10.1515/9783111333823

Alluri, V., Toiviainen, P., Jääskeläinen, L. P., Glerean, E., Sams, M. & Brattico, E. (2012). Large-scale brain networks emerge from dynamic processing of musical timbre, key and rhythm. *NeuroImage*, 59(4), 3677–3689.

Altenmüller, E. & Kopiez, R. (2012). Ein Beitrag zum evolutionären Ursprung der Musik: Was kann uns die Gänsehaut lehren? In Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (ed.), Jahrbuch 2011 (pp. 133–152). J. Cramer Verlag.

Altenmüller, E., Kopiez, R. & Grewe, O. (2013). Strong Emotions in Music: Are they an Evolutionary Adaptation?. In Bader, R. (eds.), Sound - Perception - Performance. Current Research in Systematic Musicology (pp. 131–156). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00107-4_5

Antović, M. (2016). From Expectation to Concepts: Toward Multilevel Grounding in Musical Semantics. *Cognitive Semiotics*, 9(2), 105–138

Antović, M. (2021). Multi-Level Grounded Semantics Across Cognitive Modalities: Music, Vision, Poetry. *Language and Literature*, 30(2), 147–173.

Arbib, M. A. (2000): The mirror system, imitation, and the evolution of language. In C. Nehaniv & K. Dautenhahn (ed.), Imitation in Animals and Artifacts (pp. 229–280). MIT Press.

Arbib, M. A. & Fellous, J.-M. (2004). Emotions: From Brain to Robot. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(12), 554–561. https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.004

Arbib, M. A .(ed.) (2020). How the Brain Got Language: Towards a New Road Map. Benjamins.

Arnold, M. B. (1970). Perennial problems in the field of emotion. In M. B. Arnold (ed.), Feelings and emotions: The Loyola symposium (pp. 169–185). Academic Press.

Arnold, M. B. & Gasson, J. A. (1954). The human person: An approach to an integral theory of personality. Ronald Press.

Ashby, W. R. (1956). An Introduction to Cybernetics. Chapman & Hall.

Asmus, E. P. (1985). The development of a multidimensional instrument for the measurement of affective responses to music. *Psychology of Music*, 13(1), 19–30. https://doi.org/10.1177/0305735685131002

Austin, E. J. Farrelly, D., Black, C. & Moore, H. (2007). Emotional intelligence, Machiavellianism and emotional manipulation: Does EI have a dark side? *Personality and Individual Differences,* 43(1), 179–189. https://doi.org/10.1016/j.paid.2006.11.019

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). In G.H. Bower (ed.) The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory Vol. 8. (pp 47–89). Academic Press

Balter, M. (2004). Evolution of behavior. Seeking the key to music. *Science*, 306(5699), 1120–1122. https://doi.org/10.1126/science.306.5699.1120

Bangert, M. & Altenmüller, E. O. (2003). Mapping perception to action in piano practice: a longitudinal DC-EEG study. *BMC Neuroscience*, 4, 26. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14575529/

Bangert, M., Peschel, T., Schlaug, G., Rotte, M., Drescher, D., Hinrichs, H., Heinze, H. J. & Altenmüller, E. (2006). Shared networks for auditory and motor processing in professional pianists: evidence from fMRI conjunction. *NeuroImage*, 30(3), 917–926. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.10.044

Bannan, N. (ed.). (2012). Music, language, and human evolution. Oxford University Press.

Bannister, S. (2020). A Framework of Distinct Musical Chills: Theoretical, Causal, and Conceptual Evidence. Durham E-Theses, Durham University. http://etheses.dur.ac.uk/13582/

Bannister, S. (2019). Distinct varieties of aesthetic chills in response to multimedia. *PLoS One*, 14(12), e0224974.

Bannister, S. & Eerola, T. (2018). Suppressing the Chills: Effects of Musical Manipulation on the Chills Response. *Frontiers in Psychology*, 9, 2046.

Barrett, L. F. (2006). Are Emotions Natural Kinds? *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 28–58. https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00003.x

Barrett, H. C. & Kurzban, R. (2006). Modularity in cognition: Framing the debate. *Psychological Review*, 113(3), 628–647.

Barrett, L. F., Ochsner, K. N. & Gross, J. J. (2007). On the Automaticity of Emotion. In J. A. Bargh (ed.), Social psychology and the unconscious: The automaticity of higher mental processes (pp. 173–217). Psychology Press.
Baumann, S., Koeneke, S., Meyer, M., Lutz, K. & Jäncke, L. (2005). A network for sensory-motor integration: what happens in the auditory cortex during piano playing without acoustic feedback? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 186–188. https://doi.org/10.1196/annals.1360.038
Baumgartner, H. (1992). Remembrance of things past: Music, autobiographical memory, and emotion. *Advances in Consumer Research,* 19, 613–620.
Becker, J. (2004). Deep Listeners: Music, Emotion, and Trancing. Indiana University Press.
Becker, J. (2002). Exploring the habitus of listening: Anthropological perspectives. In P. N. Juslin, & J. Sloboda (eds.), Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications (pp. 127–158). Oxford University Press.
Beer, J. S., Knight, R. T. & D'Esposito, M. (2006). Controlling the Integration of Emotion and Cognition: The Role of Frontal Cortex in Distinguishing Helpful from Hurtful Emotional Information. *Psychological Science,* 17(5), 448–453. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01726.x
Behrmann, M. & Tipper, S. P. (1999). Attention accesses multiple reference frames: Evidence from visual neglect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* 25(1), 83–101.
Beissner, F., Meissner, K., Bär, K. L. & Napadow, V. (2013). The Autonomic Brain: An Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis for Central Processing of Autonomic Function. *Journal of Neuroscience*, 33(25), 10503–10511. DOI: https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1103-13.2013.
Benedek, M., Wilfling, B., Lukas-Wolfbauer, R., Katzur, B. H. & Kaernbach, C. (2010). Objective and continuous measurement of piloerection. *Psychophysiology*, 47(5), 989–993.
Benedek, M. & Kaernbach, C. (2011). Physiological correlates and emotional specificity of human piloerection. *Biological Psychology*, 86(3), 320–329.
Benzon, W. (2004). Beethoven's Anvil: Music in Mind and Culture. Basic Books.
Besson, M., Faïta, F., Peretz, I., Bonnel, A.-M. & Requin, J. (1998). Singing in the Brain: Independence of Lyrics and Tunes. *Psychological Science,* 9(6), 494–498. https://doi.org/10.1111/1467-9280.00091
Besson, M. & Schön, D. (2001). Comparison Between Language and Music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 232–258.
Berntson, G. G., Cacioppo, J. T. & Sarter, M. (2003). Bottom-up: Implications for neurobehavioral models of anxiety and autonomic regulation. In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (eds.), Handbook of affective sciences (pp. 1105–1116). Oxford University Press.
Bever, T. G. & Chiarello, R. J. (1974). Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. *Science*, 185(4150), 537–539.
Bharucha, J. J. & Stoeckig, K. (1987). Priming of chords: Spreading activation or overlapping frequency spectra? *Perception & Psychophysics*, 41(6), 519–524.
Bigand, E. (1993). Contributions of music to research on human auditory cognition. In S. McAdams, & E. Bigand (eds.), Thinking in sound: The cognitive psychology of human audition (pp. 231–277). Clarendon Press/Oxford University Press.
Bigand, E. & Pineau, M. (1997). Global context effects on musical expectancy. *Perception & Psychophysics*, 59(7), 1098–1107.
Bigand, E., Tillmann, B., Poulin, B., D'Adamo, D. A. & Madurell, F. (2001). The effect of harmonic context on phoneme monitoring in vocal music. *Cognition*, 81(1), B11–B20.
Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Cox, R. W., Rao, S. M. & Prieto, T. (1997). Human brain language areas identified by functional MRI. *The Journal of Neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 17(1), 353–362. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-01-00353.1997
Bischof, N. (2014). Psychologie: Ein Grundkurs für Anspruchsvolle (3rd ed.). Kohlhammer.
Blacking, J. (1973). How Musical is Man? University of Washington Press.
Blacking, J. (1995). Music, Culture, and Experience: Selected Papers of John Blacking. University of Chicago Press.
Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P. & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience,* 2(4), 382–387.

Blood, A. J. & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), 11818–11823. https://doi.org/10.1073/pnas.191355898
Bösel, R. M. (2006). Das Gehirn – Ein Lehrbuch der funktionellen Anatomie für die Psychologie. Kohlhammer.
Boiten, F. A., Frijda, N. H. & Wientjes, C. J. E. (1994). Emotions and respiratory patterns: Review and critical analysis. *International Journal of Psychophysiology*, 17(2), 103–128.
Bolton, T. L. (1894). Rhythm. *The American Journal of Psychology*, 6(2), 145–238.
Bowlby, J. (1969). Attachment and Loss (Vol. I): Attachment. Basic Books.
Bowlby, J. (1975). Bindung. Eine Analyse der Mutter-Kind-Beziehung. Kindler Verlag.
Bowler, P. J. (2003). Evolution: The History of an Idea (3rd ed.). University of California Press.
Bowling, D. L., Gill, K., Choi, J. D., Prinz, J. & Purves, D. (2010). Major and minor music compared to excited and subdued speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(1), 491–503.
Brandstätter, V., Schüler, J., Puca, R. M. & Lozo L. (2018). Motivation und Emotion. Springer. DOI: 10.1007/978-3-662-56685-5.
Brattico, E. (2018). The Neuroaesthetics of Music: A Research Agenda Coming of Age. In M. Thaut, & D. A. Hodges (eds.), The Oxford handbook of music and the brain (pp. 364–390). Oxford University Press.
Brattico, E., Brattico, P. & Jacobsen, T. (2009). The origins of the aesthetic enjoyment of music - A review of the literature. *Musicae Scientiae*, 13, 15–39.
Brattico, E., Alluri, V., Bogert, B., Jacobsen, T., Vartiainen, N., Nieminen, S. K. & Tervaniemi, M. (2011). A functional MRI study of happy and sad emotions in music with and without lyrics. *Frontiers in Psychology,* 2, Article 308. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00308
Brattico, E., Bogert, B. & Jacobsen, T. (2013). Toward a neural chronometry for the aesthetic experience of music. *Frontiers in Psychology*, 4, Article 206. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00206
Breedlove, S. M., Watson, N. V., & Rosenzweig, M. R. (2010). Biological Psychology: an introduction to behavioral, cognitive, and clinical neuroscience (6th ed.). Sinauer Associates, Inc.
Brewer, M. B. & Caporael, L. R. (2006). An Evolutionary Perspective on Social Identity: Revisiting Groups. In M. Schaller, J. A. Simpson, & D. T. Kenrick (eds.), Evolution and social psychology (pp. 143–161). Psychosocial Press.
Broadbent, N. J., Squire, L. R. & Clark, R. E. (2004). Spatial memory, recognition memory, and the hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(40), 14515–14520. https://doi.org/10.1073/pnas.0406344101
Brown, R. (2000). Social Identity Theory: past achievements, current problems and future challenges. *European Journal of Social Psychology*, 30, 745–778.
Buchanan, T. W. (2007). Retrieval of emotional memories. *Psychological Bulletin*, 133(5), 761—779.
Buck, R. (1985). Prime theory: An integrated view of motivation and emotion. *Psychological Review*, 92, 389-413.
Bullot, N. J. & Reber, R. (2013). The artful mind meets art history: toward a psycho-historical framework for the science of art appreciation. *Behavioral and Brain Sciences*, 36(2), 123–137.
Bunt, L. (1997). Clinical and therapeutic uses of music. In D. J. Hargreaves & A. C. North (eds.), The Social Psychology of Music (pp. 249-267). Oxford University Press.
Byrne, R. & Whiten, A. (eds.). (1988). Machiavellian intelligence: Social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes, and humans. Oxford University Press.
Cameron, D. J. & Grahn, J. A. (2014). Neuroscientific investigations of musical rhythm. *Acoustics Australia*, 42(2), 111- 116.
Cannon, W. B. (1915). Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: An Account of Recent Researches into the Function of Emotional Excitement. Appleton.
Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. *The American Journal of Psychology*, 39, 106–124. https://doi.org/10.2307/1415404
Cattaneo, L., & Rizzolatti, G. (2009). The mirror neuron system. *Archives of Neurology*, 66(5), 557–560. https://doi.org/10.1001/archneurol.2009.41
Celma-Miralles, A. & Toro, J. M. (2020). Discrimination of Temporal Regularity in Rats (Rattus norvegicus) and Humans (Homo sapiens). *Journal of Comparative Psychology*, 134(1), 3–10. https://doi.org/10.1037/com0000202

Cespedes-Guevara, J. & Eerola, T. (2018). Music Communicates Affects, Not Basic Emotions - A Constructionist Account of Attribution of Emotional Meanings to Music. *Frontiers in Psychology*, 9, 215. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00215
Chalmers, D. J. (1995). Facing Up to the Problem of Consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 2(3), 200-219.
Chalmers, D. J. (1996). The Conscious Mind. Oxford University Press
Chanda, M. & Levitin, D. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, 179–193.
Charles, T. S. & David, T. (2010). Affective responses in tamarins elicited by species-specific music. *Biology Letters*, 6, 30–32. https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0593
Chatterjee, A. & Vartanian, O. (2013). Neuroaesthetics. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(7), 370–375.
Chemero, A. (2009). Radical embodied cognitive science. The MIT Press.
Cheung, V. K. M., Harrison, P. M. C., Meyer, L., Pearce, M. T., Haynes, J. D. & Koelsch, S. (2019). Uncertainty and Surprise Jointly Predict Musical Pleasure and Amygdala, Hippocampus, and Auditory Cortex Activity. *Current Biology*, 29, 4084–4092. https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.09.067
Chomsky, N. (1959). A Review of B. F. Skinner's Verbal Behavior. *Language*, 35(1), 26–58.
Chomsky, N. (1965). Aspects of the theory of syntax. The MIT Press.
Chomsky, N. (1966). Topics in the Theory of Generative Grammar. Mouton.
Chomsky, N. (1967). Recent Contributions to the Theory of Innate Ideas. *Synthese,* 17, 2–11.
Chomsky, N & Foucault, M. (1974). Human nature: Justice versus power. In A. J. Ayer & Fons Elders (eds.), Reflexive water: the basic concerns of mankind (pp. 133–197). Souvenir Press.
Clayton, M., Sager, R. D. & Will, U. (2005). The concept of entrainment and its significance for ethnomusicology. *European Meetings in Ethnomusicology*, 11, 3–142.
Cohen, A. J. (2001). Music as a source of emotion in film. In P. N. Juslin, & J. A. Sloboda (eds.), Music and emotion: Theory and research (pp. 249–272). Oxford University Press.
Cohen, M. X. (2017). Where Does EEG Come From and What Does It Mean? *Trends in Neurosciences*, 40(4). https://doi.org/10.1016/j.tins.2017.02.004
Coltheart, M. (2004). Brain Imaging, Connectionism, and Cognitive Neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 21(1), 21–25. https://doi.org/10.1080/02643290342000159
Cook, N. D. & Dibben, D. (2001). Musicological approaches to emotion. In P. N. Juslin, & J. A. Sloboda (eds.), Music and Emotion: Theory and Research (pp. 45–70). Oxford University Press.
Cook, L. M., & Saccheri, I. J. (2013). The peppered moth and industrial melanism: evolution of a natural selection case study. *Heredity*, 110(3), 207–212. https://doi.org/10.1038/hdy.2012.92
Cooke, D. (1959). The Language of Music. Oxford University Press.
Coolidge, F. L. & Wynn, T. (2016). An Introduction to Cognitive Archaeology. *Current Directions in Psychological Scienc*e, 25(6), 386–392.
Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews. Neuroscience*, 3, 655–666.
Craig, A. D. (2005). An exploratory study of physiological changes during 'chills' induced by music. *Musicae Scientiae*, 9, 273– 287.
Crick, F. (1995). The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul. Charles Scribner's Sons.
Cross, I. (1999). Is music the most important thing we ever did? Music, development and evolution. In S. W. Yi (ed.), Music, Mind and Science (pp. 10–39). Seoul National University Press.
Cross, I. (2001). Music, cognition, culture, and evolution. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 28–42. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05723.x
Cross, I. (2003). Music and biocultural evolution. In M. Clayton, T. Herbert & R. Middleton (eds.), The Cultural Study of Music: A Critical Introduction (pp. 19–30). Routledge.
Cross, I. (2005). Music and meaning, ambiguity and evolution. In D. Miell, R. MacDonald, & D. Hargreaves (eds.), Musical Communication (pp. 27–43). Oxford University Press.
Cross, I. (2007). Music and cognitive evolution. In R. Dunbar, & L. Barrett (eds.), Oxford handbook of evolutionary psychology (pp. 649–667). Oxford University Press.
Cross, I. (2016). The Nature of Music and Its Evolution. In S. Hallam, I. Cross, & M. H. Thaut (eds.), Oxford Handbook of Music Psychology (pp. 28–42). Oxford University Press.
Cross, I. & Morley, I. (2010). The Evolution of Music: Theories, Definitions and the Nature of the Evidence. In S. Malloch, & C. Trevarthen (eds.), *C*ommunicative Musicality: Exploring the Basis of Human Companionship (pp. 61–81). Oxford University Press.

Crowder, R. G. (1984). Perception of the major/minor distinction: I. Historical and theoretical foundations. *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognitio*n, 4, 3-12.
Currie, A. & Killin, A. (2016). Musical pluralism and the science of music. *European Journal for Philosophy of Science*, 6(1), 9–30.
Da Costa, S., van der Zwaag, W., Miller, L. M., Clarke, S. & Saenz, M. (2013). Tuning in to sound: frequency-selective attentional filter in human primary auditory cortex. *The Journal of Neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 33(5), 1858–1863. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4405-12.2013
Dalla Bella, S., Peretz, I., Rousseau, L. & Gosselin, N. (2001). A developmental study of the affective value of tempo and mode in music. *Cognition,* 80(3), B1-B10. https://doi.org/10.1016/s0010-0277(00)00136-0
Damasio, A. R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 351(1346), 1413–1420. https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0125
Damasio, A. R. (1997). Descartes' Irrtum: Fühlen, Denken und das menschlichen Gehirn. List.
Damasio, A. R. (1999). The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness. William Heinemann.
Damasio, A. R. (2003). Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain. William Heinemann.
Damasio, A. R., Grabowski, T. J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L. L., Parvizi, J. & Hichwa, R. D. (2000). Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nature Neuroscience*, 3(10), 1049–1056. https://doi.org/10.1038/79871
Damasio, A. R. & Carvalho, G. B. (2013). The Nature of Feelings: Evolutionary and Neurobiological Origins. Nature Reviews Neuroscience*,* 14, 143-152.
Davidson, L. & McGrew, W. C. (2005). Stone Tools and the Uniqueness of Human Culture. *The Journal of the Royal Anthropological Institute*, 11(4), 793–817. https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2005.00262.x
Davies, S. (2011). Musical Understandings: And Other Essays on the Philosophy of Music. Oxford University Press.
Davis, W. B. & Thaut, M. H. (1989). The influence of preferred relaxing music on measures of state anxiety, relaxation, and physiological responses. *Journal of Music Therapy,* 26, 168–187.
Darwin, C. (1859). On the Origin of Species: By Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. Dover Thrift Editions.
Darwin, C. (1872). Means of expression in animals. In C. Darwin, The expression of the emotions in man and animals (pp. 83–115). John Murray.
Dawkins, R. (1989). The Selfish Gene. Oxford University Press.
De Gregorio, C., Valente, D., Raimondi, T., Torti, V., Miaretsoa, L., Friard, O., Giacoma, C., Ravignani, A. & Gamba, M. (2021). Categorical rhythms in a singing primate. *Current Biology*, 31(20), R1379–R1380. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.09.032
DeNora, T. (2000). Music in Everyday Life. Cambridge University Press.
Deutsch, D. (2002). The puzzle of absolute pitch. *Current Directions in Psychological Science*, 11(6), 200–204
Deutsch, D. & Dooley, K. (2013). Absolute pitch is associated with a large auditory digit span: A clue to its genesis. *The Journal of the Acoustical Society of America,* 133, 1859. https://doi.org/10.1121/1.4792217
Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91, 176–180.
Dissanayake, E. (2000). Antecedents of the temporal arts in early mother–infant interaction. In N. L. Wallin, B. Merker, & S. Brown (eds.), The origins of music (pp. 389–410). The MIT Press.
Dissanayake, E. (2008). If music is the food of love, what about survival and reproductive success? *Musicae Scientiae*, 12, 169–195.
Dissanayake, E. (2010). Art and Intimacy: How the Arts Began. University of Washington Press.
Dolan, R. J., & Vuilleumier, P. (2003). Amygdala automaticity in emotional processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 985, 348–355. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2003.tb07093.x
Doolittle, E. L., Gingras, B., Endres, D. M. & Fitch, W. T. (2014). Overtone-based pitch selection in hermit thrush song: Unexpected convergence with scale construction in human music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 16616–16621.

Dowling, W. J. & Harwood, D. L. (1986). Music cognition. Academic Press.
Dunbar, R. (1993). Coevolution of neocortical size, group size, and language in humans. *Behavioral and Brain Sciences*, 16, 681–735.
Dunbar, R. (1996). Grooming, Gossip, and the Evolution of Language. Harvard University Press.
Dunbar, R. (2003). The Social Brain: Mind, Language, and Society in Evolutionary Perspective. *Annual Review of Anthropology*, 32, 163–181.
Dunbar, R. I. (2012). The social brain meets neuroimaging. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 101–102. https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.013
Eberlein, R. (1994). Die Entstehung der tonalen Klangsyntax. Peter Lang.
Eerola, T. & Vuoskoski, J. K. (2011). A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music. *Psychology of Music*, 39(1), 18–49.
Eerola, T., Vuoskoski, J. K. & Kautiainen, H. (2016). Being moved by unfamiliar sad music is associated with high empathy. *Frontiers in Psychology*, 7, 1176.
Eerola, T. & Peltola, H. R. (2016). Memorable experiences with sad music—reasons, reactions and mechanisms of three types of experiences. *PLoS One*, 11(6), e157444.
Egermann, H., Sutherland, M. E., Grewe, O. & Nagel, F. (2011). Does music listening in a social context alter experience? A physiological and psychological perspective on emotion. *Musicae Scientiae*, 15(3), 307–323. DOI:10.1177/1029864911399497.
Eisenberger, N. I. & Lieberman, M. D. (2004). Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 294–300. https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.010
Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270(5234), 305–307. https://doi.org/10.1126/science.270.5234.305
Ekman, P. (1977). Biological and cultural contributions to body and facial movements. In J. Blacking (ed.), Anthropology of the body (pp. 10–27). Academic Press.
Ekman, P. (1992A). Are there basic emotions? *Psychological Review*, 99(3), 550–553. https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.550
Ekman, P. (1992B). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3–4), 169–200. https://doi.org/10.1080/02699939208411068
Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, 48, 384-392.
Ekman, P. (1994). All Emotions Are Basic. In P. Ekman, & R. Davidson (eds.), The Nature of Emotion: Fundamental Questions (pp. 15–19). Oxford University Press.
Ekman, P. & Friesen, W. V. (1968). Nonverbal behavior in psychotherapy research. In J. M. Shlien (ed.), Research in psychotherapy (pp. 179–216). American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/10546-011
Ekman, P., Sorenson, E. R. & Friesen, W. V. (1969). Pan-Cultural Elements in Facial Displays of Emotion. *Science,* 164, 86-88.
Ekman, P. & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124–129. https://doi.org/10.1037/h0030377
Ekman, P., Friesen, W. V. & Ellsworth, P. (1972). Emotion in the Human Face: Guidelines for Research and an Integration of Findings. Pergamon Press.
Ekman, P. & Friesen, W. (1978). Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. Consulting Psychologists Press.
Eyre-Walker, A. & Keightly, P. D. (1999). High genomic deleterious mutation rates in hominids. *Nature*, 397, 344–347. https://doi.org/10.1038/16915.
Falk, D. (2000). Hominid brain evolution and the origins of music. In N. L. Wallin, B. Merker, & S. Brown (eds.), The Origins of Music (pp. 197–216). MIT Press.
Falk, D. (2004). Prelinguistic evolution in early hominins: whence motherese?. *The Behavioral and Brain Sciences*, 27(4), 491–583. https://doi.org/10.1017/s0140525x04000111
Fedorenko, E., Patel, A., Casasanto, D., Winawer, J. & Gibson, E. (2009). Structural integration in language and music: Evidence for a shared system. *Memory & Cognition*, 37(1), 1–9. doi:10.3758/MC.37.1.1.
Fisher, R. A. (1930). The genetical theory of natural selection. Clarendon Press. https://doi.org/10.5962/bhl.title.27468
Fitch, W. T. (2005). The Evolution of Music in Comparative Perspective. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 1–21. doi: 10.1196/annals.1360.004.

Fitch, W. T. (2010). The Evolution of Language. Cambridge University Press.
Fitch, W. T. (2012). The biology and evolution of rhythm: Unravelling a paradox. In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. A. Hawkins, & I. Cross (eds.), Language and music as cognitive systems (pp. 73–95). Oxford University Press.
Fitch W. T. (2015). Four principles of bio-musicology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 370(1664), 20140091. https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0091
Fitch, W. T. (2018). Four principles of bio-musicology. In H. Honing (ed.), *The Origins of Musicality* (pp. 23–48). The MIT Press.
Fitch, W. T. & Hauser, M. D. (2004). Computational constraints on syntactic processing in a nonhuman primate. *Science*, 303(5656), 377–380. https://doi.org/10.1126/science.1089401
Fitch, W. & Jarvis, E. (2013). Birdsong and Other Animal Models for Human Speech, Song, and Vocal Learning. In M. A. Arbib (ed.), Language, Music, and the Brain: A Mysterious Relationship (pp. 499–539). The MIT Press.
Fodor, J. A. (1983). The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology. The MIT Press.
Fodor, J. A. (1998). Concepts: Where Cognitive Science Went Wrong. Clarendon Press.
Fox, E. (2008). Emotion science: cognitive and neuroscientific approaches to understanding human emotions. Palgrave Macmillan.
Fox, E. (2013). Rainy Brain, Sunny Brain: The New Science of Optimism and Pessimism. Arrow.
Freedberg, D. & Gallese, V. (2007). Motion, emotion and empathy in esthetic experience. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(5), 197–203. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.02.003
Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 78–84. https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01839-8
Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing: from structure to function. *Physiological Reviews*, 91(4), 1357–1392. https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011
Fritz, T., Jentschke, S., Gosselin, N., Sammler, D., Peretz, I., Turner, R., Friederici, A. D. & Koelsch, S. (2009). Universal recognition of three basic emotions in music. *Current Biology*, 19(7), 573–576. https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.02.058
Frijda, N. H. (1988). The laws of emotion. *American Psychologist*, 43(5), 349–358. https://doi.org/10.1037/0003-066X.43.5.349
Frijda, N. H., Kuipers, P. & ter Schure, E. (1989). Relations among emotion, appraisal, and emotional action readiness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(2), 212–228. https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.2.212
Frijda, N. H. & Scherer, K. R. (2009). Emotion definitions (psychological perspectives). In D. Sander & K. R. Scherer (eds.), The Oxford Companion to Emotion and the Affective Sciences (pp. 142–144). Oxford University Press
Frijda, N. H. & Zeelenberg, M. (2001). Appraisal: What is the dependent? In K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (eds.), Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research (pp. 141–155). Oxford University Press.
Frühholz, S., Trost, W. & Kotz, S. A. (2016). The sound of emotions—Towards a unifying neural network perspective of affective sound processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 68, 96–110.
Fujiwara, H., Ferreira, M., Donati, G., Marciano, D. K., Linton, J. M., Sato, Y., Hartner, A., Sekiguchi, K., Reichardt, L. F. & Watt, F. M. (2011). The basement membrane of hair follicle stem cells is a muscle cell niche. *Cell*, 144, 577–589. doi: 10.1016/j.cell.2011.01.014.
Gabrielsson, A. (1982). Perception and Performance of Musical Rhythm. In M. Clynes (ed.) Music, Mind, and Brain (pp. 159–169). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8917-0_9
Gabrielsson, A. (2001). Emotions in strong experiences with music. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Music and Emotion: Theory and Research (pp. 431–452). Oxford University Press.
Gabrielsson, A. (2002). Emotion perceived and emotion felt same or different? *Musicae Scientiae* (Special Issue 2001–2002), 123–147.
Gabrielsson, A. (2006). Strong Experiences Elicited by Music–What Music? In P. Locher, C. Martindale, & L. Dorfman (eds.), New directions in aesthetics, creativity and the arts (pp. 251–267). Baywood Publishing Co.
Gabrielsson, A. (2010). Strong experiences with music. In P. N. Juslin, & J. A. Sloboda (eds.), Handbook of music and emotion: Theory, research, applications (pp. 547–574). Oxford University Press.

Gabrielsson, A. (2011). Strong experiences with music: music is much more than just music. Oxford University Press.
Gabrielsson, A. & Juslin, P. N. (1996). Emotional expression in music performance: Between the performer's intention and the listener's experience. *Psychology of Music*, 24(1), 68–91.
Gabrielsson, A.,& Lindström, E. (2001). The influence of musical structure on emotional expression. In P. N. Juslin, & J. A. Sloboda (eds.), Music and emotion: Theory and research (pp. 223–248). Oxford University Press.
Gabrielsson, A., & Wik, S. L. (2003). Strong experiences related to music: A descriptive system. *Musicae Scientiae*, 7(2), 157–217. https://doi.org/10.1177/102986490300700201
Gabrielsson, A. & Juslin, P. N. (2003). Emotional expression in music. In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (eds.), Handbook of affective sciences (pp. 503–534). Oxford University Press.
Gabrielsson, A. & Lindstrom, E. (2010). The role of structure in the musical expression of emotions. In P. N. Juslin & J. Sloboda (eds.), Handbook of music and emotion: Theory, research, applications (pp. 367–400). Oxford University Press.
Gabrielsson, A. Whaley, J. & Sloboda, J. (2016). Peak experiences in music. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (eds.), The Oxford handbook of music psychology (pp. 745–758). Oxford University Press.
Gage, N. M. & Baars, B. J. (2018). Fundamentals of Cognitive Neuroscience: A Beginner's Guide. 2nd Edition. Academic.
Gagnon, L. & Peretz, I. (2003). Mode and tempo relative contributions to „happy-sad" judgements in equitone melodies. *Cognition & Emotion*, 17(1), 25–40.
Gallese, V. & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(12), 493–501. https://doi.org/10.1016/s1364-6613(98)01262-5
Gamba, M., Valente, D., De Gregorio. C. & Zanoli, A. (2019). Song structure and sex-specific features in the indris. *Proceedings of Meetings of Acoustics*, 36(1), 010002. https://doi.org/10.1121/2.0001021
Gamble, C. (1999). The Palaeolithic Societies of Europe. Cambridge University Press.
Garrido, S. & Schubert, E. (2013). Adaptive and maladaptive attraction to negative emotions in music. *Musicae Scientiae*, 17(2), 147–166. https://doi.org/10.1177/1029864913478305.
Garrido, S. & Schubert, E. (2015). Moody melodies: Do they cheer us up? A study of the effect of sad music on mood. *Psychology of Music*, 43(2), 244–261. https://doi.org/10.1177/0305735613501938
Gehring W. J. (2005). New perspectives on eye development and the evolution of eyes and photoreceptors. *The Journal of Heredity*, 96(3), 171–184. https://doi.org/10.1093/jhered/esi027
Geitz, E., Vater, C. & Zimmer-Merkle, S. (2020). Black Boxes – Versiegelungskontexte und Öffnungsversuche: Interdisziplinäre Perspektiven. De Gruyter. https://doi.org/10.1515/9783110701319
Gelder, B. D. (2006). Towards the neurobiology of emotional body language. *Nature Reviews. Neuroscience*, 7(3), 242–249. https://doi.org/10.1038/nrn1872
Gendron, M. & Barrett, L. F. (2009). Reconstructing the Past: A Century of Ideas About Emotion in Psychology. *Emotion Review: journal of the International Society for Research on Emotion*, 1(4), 316–339. https://doi.org/10.1177/1754073909338877
Gerardi, G. M., & Gerken, L. (1995). The development of affective responses to modality and melodic contour. *Music Perception: an interdisciplinary journal*, 12, 279–290.
Glass, L. & Mackey, M. (1988). From Clocks to Chaos. The Rhythms of Life. Princeton University Press.
Gluck, M. A., Mercado, E. & Myers, C. E. (2010). Lernen und Gedächtnis: Vom Gehirn zum Verhalten. Spektrum Akademischer Verlag.
Goel, V. & Dolan, R. J. (2003). Reciprocal neural response within lateral and ventral medial prefrontal cortex during hot and cold reasoning. *NeuroImage*, 20(4), 2314–2321. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.07.027
Goldstein, A. (1980). Thrills in response to music and other stimuli. *Physiological Psychology*, 8(1), 126–129.
Goleman, D. (1998). Working with emotional intelligence. Bantam Books.
Gosselin, N., Peretz, I., Noulhiane, M., Hasboun, D., Beckett, C., Baulac, M. & Samson, S. (2005). Impaired recognition of scary music following unilateral temporal lobe excision. *Brain: a journal of neurology*, 128(3), 628–640. https://doi.org/10.1093/brain/awh420
Gosselin, N., Samson, S., Adolphs, R., Noulhiane, M., Roy, M., Hasboun, D., Baulac, M. & Peretz, I. (2006). Emotional responses to unpleasant music correlates with damage to the parahippocampal cortex. *Brain: a journal of neurology*, 129(10), 2585–2592. https://doi.org/10.1093/brain/awl240

Gould, S. J. & Lewontin, R. C. (1979). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 205(1161), 581–598. https://doi.org/10.1098/rspb.1979.0086
Grahn, J. A. (2012). Neural mechanisms of rhythm perception: current findings and future perspectives. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 585–606. https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01213.x
Grahn, J. A. & Rowe, J. B. (2013). Finding and feeling the musical beat: Striatal dissociations between detection and prediction of regularity. *Cerebral Cortex*, 23(4), 913–921. https://doi.org/10.1093/cercor/bhs083
Gregory, A. H., Worrall, L. & Sarge, A. (1996). The development of emotional responses to music in young children. *Motivation and Emotion*, 20, 341–348.
Grewe, O. (2010). Musik und Emotion. Warum kreatives Handeln glücklich macht. In G. Blell & R. Kupetz (eds.), Der Einsatz von Musik und die Entwicklung von audio literacy im Fremdsprachenunterricht (pp .29-35). Peter Lang.
Grewe, O., Nagel, F., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2007A). Emotions over time: Synchronicity and development of subjective, physiological, and facial affective reactions to music. *Emotion*, 7(4), 774–788. doi: 10.1037/1528-3542.7.4.774.
Grewe, O., Nagel, F., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2007B). Listening to music as a re-ceative process: Physiological, psychological and psychoacoustical correlates of chills and strong emotions. *Music Perception*, 24, 297–314.
Grewe, O., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2009). Chills as an indicator of individual emotional peaks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 351–354. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04783.x
Grewe, O., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2009B). The Chill Parameter: Goose Bumps and Shiver as Promising Measures in Emotion Research. *Music Perception*, 27(1), 61–74.
Gross, J. J. (1998). The Emerging Field of Emotion Regulation: An Integrative Review. *Review of General Psychology*, 2(3), 271–299. https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.3.271
Gross J. J. (2002). Emotion regulation: affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 39(3), 281–291. https://doi.org/10.1017/s0048577201393198
Guhn, M., Hamm, A. & Zentner, M. (2007). Physiological and musico-acoustic correlates of the chill response. *Music Perception*, 24(5), 473–483. https://doi.org/10.1525/mp.2007.24.5.473.
Grummett, T. S., Leibbrandt, R. E., Lewis, T. W., DeLosAngeles, D., Powers, D. M., Willoughby, J. O., Pope, K. J. & Fitzgibbon, S. P. (2015). Measurement of neural signals from inexpensive, wireless and dry EEG systems. *Physiological Measurement*, 36(7), 1469–1484. https://doi.org/10.1088/0967-3334/36/7/1469
Habibi, A. & Damasio, A. (2014). Music, feelings, and the human brain. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 24(1), 92–102. https://doi.org/10.1037/pmu0000033
Hagen, E. H. & Bryant, G. A. (2003). Music and dance as a coalition signaling system, *Human Nature*, 14(1), DOI:10.1007/s12110-003-1015-z.
Hagoort, P. (2005). On Broca, brain, and binding: A new framework. *Trends in Cognitive Sciences* 9(9), 416–423.
Halpern, D. L., Blake, R. & Hillenbrand, J. (1986). Psychoacoustics of a chilling sound. *Perception & Psychophysics*, 39(2), 77–80. https://doi.org/10.3758/bf03211488
Hamilton, W. D. (1964). The genetical evolution of social behaviour. I. *Journal of Theoretical Biology*, *7*(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/0022-5193(64)90038-4
Hamilton, A. (2009). The sound of music. In M. Nudds & C. O'Callaghan (eds.), Sounds and Perception: New Philosophical Essays (pp. 146–182). Oxford University Press.
Hanslick, E. (2002). Vom Musikalisch-Schönen: Ein Beitrag zur Revision der Ästhetik der Tonkunst. Breitkopf & Härtel.
Hanslick, E. (2010/1854). Vom Musikalisch-Schönen: ein Beitrag zur Revision der Aesthetik der Tonkunst. - 1., Nachdr. d. Erstausgabe v. 1854. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
Harrison, P. M. C. & Pearce, M. T. (2020). Simultaneous consonance in music perception and composition. *Psychological Review*, 127(2), 216–244. https://doi.org/10.1037/rev0000169
Hebb, D. O. (1949). The organization of behavior; a neuropsychological theory. John Wiley & Sons. Inc.
Heinlein, C. P. (1928). The affective characters of the major and minor modes in music. *Journal of Comparative Psychology*, 8(2), 101–142. https://doi.org/10.1037/h0070573

Henle, M. (1962). On the relation between logic and thinking. *Psychological Review,* 69(4), 366–378. https://doi.org/10.1037/h0042043.
Herrmann, E., Call, J., Hernàndez-Lloreda, M. V., Hare, B. & Tomasello, M. (2007). Humans have evolved specialized skills of social cognition: the cultural intelligence hypothesis. *Science*, 317(5843), 1360–1366. https://doi.org/10.1126/science.1146282
Hevner, K. (1935). The affective character of the major and minor modes in music. *American Journal of Psychology,* 47, 103–118.
Heyes, C. (2010). Where do mirror neurons come from?. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34(4), 575–583. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.11.007
Higham, T., Basell, L., Jacobi, R., Wood, R., Ramsey, C. B. & Conard, N. J. (2012). Testing models for the beginnings of the Aurignacian and the advent of figurative art and music: the radiocarbon chronology of Geißenklösterle. *Journal of Human Evolution*, 62(6), 664–676. https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2012.03.003
Hodges, D. A. (1989). Why are we musical? Speculations on the evolutionary plausibility of musical behavior. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 99, 7–22. doi:10.2307/40318322.
Hodges, D. A. (2016). The neuroaesthetics of music. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (eds.), The Oxford Handbook of Music Psychology (pp. 247–262). Oxford University Press.
Hodges, D. & Sebald, D. (2011). Music in the human experience: An introduction to music psychology. Routledge.
Honing H. (2013A). Musical cognition: a science of listening. Transaction Publishers.
Honing, H. (2013B). Structure and interpretation of rhythm in music. In D. Deutsch (ed.), The psychology of music (pp. 369–404). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381460-9.00009-2
Honing, H. (2018A). On the biological basis of musicality. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 51-56. https://doi.org/10.1111/nyas.13638
Honing, H. (ed.) (2018B). Origins of Musicality. The MIT Press.
Honing, H., ten Cate, C., Peretz, I. & Trehub, S. E. (2015). Without it no music: cognition, biology and evolution of musicality. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 370(1664), 20140088. https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0088
Humphrey, N. (1976). The social function of intellect. P. P. G. Bateson & R. A. Hinde (eds.), Growing Points in Ethology (pp. 303–317). Cambridge University Press.
Huron, D. (2001). Is music an evolutionary adaptation?. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 43–61. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05724.x
Huron, D. (2006). Sweet Anticipation. Music and the Psychology of Expectation. MIT Press.
Huron, D. (2011). Why is sad music pleasurable? A possible role for prolactin. *Musicae Scientiae*, 15(2), 146–158.
Huron, D. (2019). Psychological Anticipation: The ITPRA Theory. *Journal of Consciousness Studies*, 27, 3–4, 185–202.
Huron, D. & Margulis, E. H. (2010). Musical expectancy and thrills. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Handbook of music and emotion: Theory, research, applications (pp. 575–604). Oxford University Press.
Husain, G., Thompson, W. F., & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood, and spatial abilities. *Music Perception*, 20(2), 151–171. https://doi.org/10.1525/mp.2002.20.2.151
Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (2005). Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology*, 3(3), e79. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030079
Ishizu, T. & Zeki, S. (2011). Toward A Brain-Based Theory of Beauty. *PLoS one*, 6(7): e21852. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021852.
Ingold, T. (2003). Three in one: how an ecological approach can obviate the distinctions between body, mind and culture. In A. Roepstorff, & N. Bub (eds.), Imagining nature: practices of cosmology and identity (pp. 40–55).
Iwanaga, M. & Moroki, Y. (1999). Subjective and Physiological Responses to Music Stimuli Controlled Over Activity and Preference. *Journal of Music Therapy*, 36(1), 26–38. https://doi.org/10.1093/jmt/36.1.26
Izard, C. E. (1971). The face of emotion. Appleton-Century Crofts.
Izard, C. E. (1977). Human emotions. Plenum.

Izard, C. E. (1992). Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations. *Psychological Review*, 99(3), 561–565.
Izard, C. E. (1994). Innate and universal facial expressions: Evidence from developmental and cross-cultural research. *Psychological Bulletin*, 115(2), 288-299.
Jackendoff, R. & Lerdahl, F. (2006). The capacity for music: what is it and what's special about it? *Cognition*, 100(1), 33–72.
Jackendoff, R. (2009). Parallels and Nonparallels between Language and Music. *Music Perception*, 26(3),195–204. https://doi.org/10.1525/mp.2009.26.3.195.
Janata, P., Tomic, S. T. & Rakowski, S. K. (2007). Characterization of music-evoked autobiographical memories. *Memory*, 15(8), 845–860. https://doi.org/10.1080/09658210701734593
Jaworski, W. (2011). Philosophy of Mind. A comprehensive introduction. Wiley-Blackwell.
Jentschke, S. & Koelsch, S. (2010). Sprach- und Musikverarbeitung bei Kindern. Einflüsse musikalischen Trainings. In Blell, G., Kupetz, R. (eds.), Der Einsatz von Musik und die Entwicklung von "audio literacy" im Fremdsprachenunterricht (pp. 37–56). Peter Lang.
Jentschke, S., Friederici, A. D. & Koelsch, S. (2014). Neural correlates of music-syntactic processing in two-year old children. *Developmental Cognitive Neuroscience,* 9, 200–208. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.04.005.
Jones, M. R. (ed.). (2010). Music perception: Current research and future directions. In M. R. Jones, R. R. Fay, & A. N. Popper (eds.), Music perception (pp. 1–12). Springer Science + Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6114-3_1
Johnson-Laird, P. N. & Oatley, K. (1989). The language of emotions: An analysis of a semantic field. *Cognition and Emotion,* 3(2), 81–123.
Johnson-Laird, P. N. & Oatley, K. (1992). Basic emotions, rationality, and folk theory. Cognition and Emotion, 6(3-4), 201-223.
Johnson, J. K. & Graziano, A. B. (2003). August Knoblauch and amusia: A nineteenth-century cognitive model of music. *Brain and Cognition,* 51(1), 102–114. https://doi.org/10.1016/S0278-2626(02)00527-4
Juslin, P. N. (1997). Emotional communication in music performance: A functionalist perspective and some data. *Music Perception,* 14(4), 383–418. https://doi.org/10.2307/40285731
Juslin, P. N. (2000). Cue utilization in communication of emotion in music performance: Relating performance to perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(6), 1797–1813.
Juslin, P. N. (2001). Communicating emotion in music performance: A review and a theoretical framework. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Music and emotion: Theory and research (pp. 309–337). Oxford University Press.
Juslin, P. N. (2005). From Mimesis to Catharsis: Expression, Perception, and Introduction of Emotion in Music. In Miell, D., MacDonald, R. & Hargreaves, D. J., (eds.), Musical Communication (pp. 85–109). Oxford University Press
Juslin P. N. (2013A). From everyday emotions to aesthetic emotions: towards a unified theory of musical emotions. *Physics of Life Reviews,* 10(3), 235–266. https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.05.008
Juslin P. N. (2013). What does music express? Basic emotions and beyond. *Frontiers in Psychology*, 4, Article 596. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00596
Juslin, P. N. (2019). Musical Emotions Explained: Unlocking the secrets of musical affect. Oxford University Press.
Juslin, P. N. & Sloboda, J. A. (eds.) (2001). Music and Emotion: Theory and Research. Oxford University Press.
Juslin, P. N. & Zentner, M. R. (2002). Current trends in the study of music and emotion: Overture. *Musicae Scientiae*, 5(1), 3–21.
Juslin, P. N. & Laukka, P. (2003). Communication of emotions in vocal expression and music performance: different channels, same code? *Psychological Bulletin*, 129(5), 770–814. https://doi.org/10.1037/0033-2909.129.5.770
Juslin, P. N. & Laukka, P. (2004). Expression, Perception, and Induction of Musical Emotions: A Review and a Questionnaire Study of Everyday Listening. *Journal of New Music Research*, 33(3), 217–238, DOI: 10.1080/0929821042000317813.

Juslin, P. N. & Friberg, A., Schoonderwaldt, E., & Karlsson, J. (2004). Feedback learning of musical expressivity. In Williamon, A. (ed.), Musical excellence – Strategies and techniques to enhance performance (pp. 247–270). Oxford University Press.
Juslin, P. N. & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5), 559–621. doi: 10.1017 / S0140525X08005293.
Juslin, P. N. & Timmers, R. (2010). Expression and communication of emotion in music performance. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Handbook of music and emotion: Theory, research, applications (pp. 453–489). Oxford University Press.
Juslin, P. N. & Sloboda, J. A. (eds.) (2010). Handbook of music and emotion: Theory, research, applications. Oxford University Press.
Juslin, P. N., Liljeström, S., Västfjäll, D. & Lundquist, L. O. (2010). How does music evoke emotions? Exploring the underlying mechanisms. In P. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Music and Emotion: Theory, Research, Applications (pp. 605–642). Oxford University Press.
Juslin, P. N., Harmat, L. & Eerola, T. (2014). What makes music emotionally significant? Exploring the underlying mechanisms. *Psychology of Music*, 42(4), 599–623. https://doi.org/10.1177/0305735613484548
Juslin, P. N. & Isaksson, S. (2014). Subjective criteria for choice and aesthetic judgment of music: A comparison of psychology and music students. *Research Studies in Music Education*, 36(2), 179–198.
Juslin, P. N, Sakka, L. S., Barradas, G. T. & Liljeström, S. (2016). No accounting for taste? Idiographic models of aesthetic judgment in music. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Art*s, 10(2), 157-170.
Juslin, P. N. & Sakka, L. N. (2019). Neural Correlates of Music and Emotion. In M. H. Thaut & D. A. Hodges (eds.), The Oxford Handbook of Music and the Brain (pp. 285–332). Oxford University Press.
Justus, T. & Hutsler, J. J. (2005). Fundamental issues in the evolutionary psychology of music: Assessing innateness and domain specificity. *Music Perception*, 23(1), 1–27.
Kaernbach, C. (2015). Disentangling complex emotions with structured neurophysiological models Comment on „The quartet theory of human emotions: An integrative and neurofunctional model“ by S. Koelsch et al., *Physics of Life Reviews*, 13, 61–62.
Kahneman, D. (2011). Thinking, Fast and Slow. Farrar, Straus and Giroux.
Kallinen, K. & Ravaja, N. (2006). Emotion perceived and emotion felt: Same and different. *Musicae Scientiae*, 10(2), 191–213.
Kastner, M. P. & Crowder, R. G. (1990). Perception of the major/minor distinction: IV. Emotional connotations in young children. *Music Perception*, 8(2), 189-202.
Keysers, C. & Gazzola, V. (2006). Towards a unifying neural theory of social cognition. *Progress in Brain Research*, 156, 379–401.
Kim, J. (2010). Philosophy of Mind. Routledge.
Killin, A. (2013). The arts and human nature: Evolutionary aesthetics and the evolutionary status of art behaviours. *Biology & Philosophy*, 28(4), 703–718.
Killin, A. (2016A). Rethinking music's status as adaptation versus technology: A niche construction perspective. *Ethnomusicology Forum,* 25(2), 210–233.
Killin A. (2016B). Musicality and the evolution of mind, mimesis, and entrainment. *Biology & Philosophy*, 31(3), 421–434.
Killin, A. (2017). Plio-Pleistocene foundations of hominin musicality: Coevolution of cognition, sociality, and music. *Biological Theo*ry, 12(4), 222–235.
Killin, A. (2018). The origins of music: Evidence, theory, and prospects. *Music & Science,* 1, 1-23.
King, M. C. & Wilson, A. C. (1975). Evolution at two levels in humans and chimpanzees. *Science*, 188(4184), 107–116. https://doi.org/10.1126/science.1090005
Kivy, P. (1980). The Corded Shell: Reflections on Musical Expression. *Philosophy and Rhetoric*, 17(1), 47–55.
Kivy, P. (1991). Music Alone: Philosophical Reflections on the Purely Musical Experience. Cornell University Press.
Kivy, P. (2002). Introduction to a Philosophy of Music. Oxford University Press.
Kleber, B., Birbaumer, N., Veit, R., Trevorrow, T. & Lotze, M. (2007). Overt and imagined singing of an Italian aria. *NeuroImage*, 36(3), 889–900. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.02.053

Knoblich, G. & Sebanz, N. (2008). Evolving intentions for social interaction: from entrainment to joint action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1499), 2021–2031. doi:10.1098/rstb.2008.0006.
Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Science*s, 14(3), 131–137.
Koelsch, S. (2011A). Toward a neural basis of music perception - a review and updated model. *Frontiers in Psychology*, 2, 110. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00110.
Koelsch, S. (2011B). Towards a neural basis of processing musical semantics, *Physics of Life Reviews*, 8(2) 89–105.
Koelsch, S. (2012A). Brain and Music. Wiley- Blackwell.
Koelsch, S. (2012B). Response to target article 'Language, music, and the brain: a resource- sharing framework.' In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. A. Hawkins, & I. Cross (eds.), Language and Music as Cognitive Systems (pp. 224–234). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof
Koelsch, S. (2013). From Social Contact to Social Cohesion – The 7 Cs. *Music and Medicine*. 5(4) 204–209.
Koelsch, S. (2014A). From music perception to an integrative framework for the psychology of aesthetics. In P. P. L. Tinio & J. K. Smith (eds.), The Cambridge Handbook of the Psychology of Aesthetics and the Arts (pp. 300–336). Cambridge University Press.
Koelsch, S. (2014B). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews. Neuroscience*, 15(3), 170–180. https://doi.org/10.1038/nrn3666
Koelsch, S. (2019). Good Vibrations: Die heilende Kraft der Musik. Ullstein Taschenbuch.
Koelsch, S. (2020). A coordinate-based meta-analysis of music-evoked emotions. *NeuroImage,* 223, 117350. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117350.
Koelsch, S., Gunter, T., Friederici, A. D. & Schröger, E. (2000). Brain indices of music processing: "nonmusicians" are musical. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(3), 520–541.
Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T. & Friederici, A. D. (2004). Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7(3), 302–307. https://doi.org/10.1038/nn1197
Koelsch, S. & Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 578–584. https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.001
Koelsch, S., Fritz, T., Cramon, D. Y. V., Müller, K. & Friederici, A. D. (2005). *Human Brain Mapping*, 27(3), 239-250, https://doi.org/10.1002/hbm.20180.
Koelsch, S., Jentschke, S., Sammler, D. & Mietchen, D. (2007). Untangling syntactic and sensory processing: An ERP study of music perception. *Psychophysiology*, 44(3), 476–490.
Koelsch, S., Fritz, T., V Cramon, D. Y., Müller, K. & Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human Brain Mapping*, 27(3), 239–250. https://doi.org/10.1002/hbm.20180
Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D. & Schlaug, G. (2005). Adults and children processing music: An fMRI study. *NeuroImage*, 25(4), 1068–1076. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.12.050.
Koelsch, S., Skouras, S., Fritz, T., Herrera, P., Bonhage, C., Küssner, M. B. & Jacobs, A. M. (2013). The roles of superficial amygdala and auditory cortex in music-evoked fear and joy. *NeuroImage*, 81, 49–60.
Koelsch, S., Rohrmeier, M., Torrecuso, R. & Jentschke, S. (2013). Processing of hierarchical syntactic structure in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(38), 15443–15448. https://doi.org/10.1073/pnas.1300272110.
Koelsch, S. & Moya, D. G. (2014). Musical Semantics. In W. F. Thompson (ed.), Music in the Social and Behavioral Sciences: An Encyclopedia, Vol. 2 (pp. 793–795). Sage.
Koelsch, S., Jacobs, A. M., Menninghaus, W., Liebal, K., Klann-Delius, G., von Scheve, C. & Gebauer, G. (2015). The quartet theory of human emotions: An integrative and neurofunctional model, *Physics of Life Reviews*, 13, 1–27. https://doi.org/10.1016/j.plrev.2015.03.001.
Koelsch, S. & Jäncke, L. (2015). Music and the heart. *European Heart Journal*, 36(44), 3043–3049, https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv430.
Koffka, K. (1922). Perception: An Introduction to the Gestalt-Theorie. *Psychological Bulletin*, 19(10), 531–585.
Kogan, N. (1997). Reflections on aesthetics and evolution. *Critical Review: A Journal of Politics and Society*, 11(2), 193–210.

Kokal, I., Engel, A., Kirschner, S. & Keysers, C. (2011). Synchronized Drumming Enhances Activity in the Caudate and Facilitates Prosocial Commitment - If the Rhythm Comes Easily. *PLoS one*, 6(11), e27272. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0027272.
Konečni, V. J. (2005). The Aesthetic Trinity: Awe, Being Moved, Thrills. *Bulletin of Psychology and the Arts,* 5(2), 27–44.
Konečni, V. J. (2008). Does music induce emotion? A theoretical and methodological analysis. Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 2(2), 115–129. https://doi.org/10.1037/1931-3896.2.2.115
Konečni, V. J. (2011). Aesthetic Trinity Theory and the Sublime. *Philosophy Today*, 55, 64–73. https://doi.org/10.5840/philtoday201155162.
Konečni, V. J., Wanic, R. A. & Brown, A. (2007). Emotional and aesthetic antecedents and consequences of music-induced thrills. *American Journal of Psychology*, 120(4), 619–644.
Konečni, V. J., Brown, A. & Wanic, R. A. (2008). Comparative effects of music and recalled life-events on emotional state. *Psychology of Music*, 36(3), 289–308.
Kreutz, G. , Murcia, C. Q. & Bongard, S. (2012). Psychoneuroendocrine research on music and health: an overview. In R. MacDonald, D. Kreutz, and L. Mitchell (eds.), Music, Health and Wellbeing (pp. 457–476). Oxford University Press
Kreibig S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biological Psychology,* 84(3), 394–421. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010
Krumhansl C. L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Canadian Journal of Experimental Psychology* = Revue canadienne de psychologie experimentale, 51(4), 336–353. https://doi.org/10.1037/1196-1961.51.4.336
Krumhansl, C. L. & Jusczyk, P. W. (1990). Infants' perception of phrase structure in music. *Psychological Science*, 1, 70–73. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1990.tb00070.x.
Krumhansl, C. L. & Schenck, D. L. (1997). Can Dance Reflect the Structural and Expressive Qualities of Music? A Perceptual Experiment on Balanchine's Choreography of Mozart's Divertimento No. 15. *Musicae Scientiae*, 1, 63–85. https://doi.org/10.1177/102986499700100105
Kutas, M. & Hillyard, A. S. (1980). Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205.
LaBar, K. S. & Cabeza, R. (2006). Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Reviews. Neuroscience*, 7(1), 54–64. https://doi.org/10.1038/nrn1825
Lai, C. S., Fisher, S. E., Hurst, J. A., Vargha-Khadem, F. & Monaco, A. P. (2001). A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature*, 413(6855), 519–523. https://doi.org/10.1038/35097076
Lagrois, M.-É., Peretz, I. & Zendel, B. R. (2018). Neurophysiological and behavioral differences between older and younger adults when processing violations of tonal structure in music. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 54. DOI:10.3389/fnins.2018.00054.
Lange, C. G. (1885): Ueber Gemüthsbewegungen. Eine psycho-physiologische Studie. Theodor Thomas.
Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50(5), 372–385. https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.5.372.
Large, E. W. (2008). Resonating to musical rhythm: theory and experiment. In S. Grondin (ed.), Psychology of Time (pp. 189–232). Emerald.
Large, E, W., Almonte, F. & Velasco, M. (2010). A canonical model for gradient frequency neural networks. *Physica D Nonlinear Phenomena*, 239(12), 905–11.
Laukka, P. (2004). Instrumental music teachers' views on expressivity: A report from music conservatoires. *Music Education Research*, 6, 45–56.
Lazarus, R. S. (1966). Psychological stress and the coping process. McGraw-Hill.
Lazarus, R. S. (1991A). Emotion and adaptation. Oxford University Press.
Lazarus, R. S. (1991B). Cognition and motivation in emotion. *The American Psychologist*, 46(4), 352–367. https://doi.org/10.1037//0003-066x.46.4.352
Lazarus, R. S., Averill, J. R. & Opton, E. M. jr. (1970). Toward a cognitive theory of emotion. In M. B. Arnold (ed.), Feelings and emotions: The Loyola symposium (pp. 207-232). Academic Press.
Lazarus, R. S. & Launier, R. (1978). Stress-related transactions between person and environment. In L. A. Pervin & M. Lewis (eds.), Perspectives in Interactional Psychology (pp. 287–327). Plenum Press.
Lazarus, R. S., Kanner, A. D. & Folkman, S. (1980). Emotions: A cognitive phenomenological analysis. In R. Plutchik & H. Kellerman (eds.), Theories of Emotion (pp. 189-217). Academic Press.

LeDoux, J. E. (1994). Emotion, memory and the brain. *Scientific American*, 270(6), 50–57. https://doi.org/10.1038/scientificamerican0694-50
LeDoux J. E. (1995). Emotion: clues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209–235. https://doi.org/10.1146/annurev.ps.46.020195.001233
LeDoux, J. E. (1996). The Emotional Brain. The Mysterious Underpinning of Emotional Life. Simon & Schuster.
LeDoux, J. (1999). Psychoanalytic Theory: Clues from the Brain: Commentary by Joseph LeDoux (New York). *Neuropsychoanalysis*, 1(1), 44–49. https://doi.org/10.1080/15294145.1999.10773244
LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.23.1.155
LeDoux, J. E. (2001). Im Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen. Deutscher Taschenbuch Verlag.
LeDoux, J. E. (2003A). The synaptic self: How Our Brains Become Who We Are. Penguin.
LeDoux, J. (2003B). The emotional brain, fear, and the amygdala. *Cellular and Molecular neurobiology*, 23(4-5), 727–738. https://doi.org/10.1023/a:1025048802629
LeDoux, J. (2012). Rethinking the emotional brain. *Neuron*, 73(4), 653–676. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.02.004
LeDoux, J. E. (2016). Anxious: Using the Brain to Understand and Treat Fear and Anxiety. Viking.
LeDoux, J. E (2017). Semantics, surplus meaning, and the science of fear. *Trends in Cognitive Science,* 21(5), 303-306.
LeDoux, J. E (2019). The Deep History of Ourselves: The Four-Billion-Year Story of How We Got Conscious Brains. Viking.
LeDoux, J. E. (2020). How does the non-conscious become conscious? *Current Biology*, 30(5), R196–R199. https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.01.033
LeDoux, J. E. (2021). What emotions might be like in other animals. *Current Biology*, 31(13), R824–R829. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.05.005
LeDoux, J. E. & Pine, D. S. (2016). Using neuroscience to help understand fear and anxiety: A two-system framework. American Journal of Psychiatry, 173(11), 1083–1093. doi:10.1176/appi.ajp.2016.16030353
LeDoux, J. E. & Hofmann, S. G. (2018). The subjective experience of emotion: A fearful view. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 19, 67–72.
LeDoux, J. & Daw, N. D. (2018). Surviving threats: neural circuit and computational implications of a new taxonomy of defensive behaviour. *Nature Reviews. Neuroscience*, 19(5), 269–282. https://doi.org/10.1038/nrn.2018.22
Lerdahl, F. (2001). Tonal Pitch Space. New York: Oxford University Press.
Lerdahl, F., & Jackendoff, R. S. (1983). A generative theory of tonal music. MIT press.
Levine, J. (1983). Materialism and qualia: The explanatory gap. *Pacific Philosophical Quarterly*, 64, 354–361. https://doi.org/10.1111/j.1468-0114.1983.tb00207.x
Levinson, J. (2004). Musical chills and other delights of music. J. W. Davidson (ed.), The music practitioner (pp. 335–351). Routledge.
Levinson, J. (2011). Music, Art, and Metaphysics: Essays in Philosophical Aesthetics. Oxford University Press.
Levitin, D. J. (2007). This Is Your Brain on Music: The Science of a Human Obsession. Dutton.
Levitin, D. J. & Menon, V. (2003). Musical structure is processed in „language“ areas of the brain: A possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence. *NeuroImage*, 20(4), 2142–2152.
Levitin, D. J. & Tirovolas, A. K. (2009). Current advances in the cognitive neuroscience of music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 211–231. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04417.x
Levitin, D. J., Grahn, J. A. & London, J. (2018). The psychology of music: Rhythm and movement. *Annual Review of Psychology*, 69, 51–75. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011740
Lewontin, R. C. (1998). The evolution of cognition: Questions we will never answer. In D. Scarborough & S. Sternberg (eds.), Methods, models, and conceptual issues: An invitation to cognitive science, Vol. 4 (pp. 106–132). The MIT Press.
Lewis, M. D. (2005). Bridging emotion theory and neurobiology through dynamic systems modeling. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(2), 169–245. https://doi.org/10.1017/s0140525x0500004x
Lickliter, R. & Honeycutt, H. (2003). Developmental Dynamics: Toward a Biologically Plausible Evolutionary Psychology. *Psychological Bulletin*, 129(6), 819–835.

LoBue, V. & DeLoache, J. S. (2008). Detecting the Snake in the Grass: Attention to Fear-Relevant Stimuli by Adults and Young Children. *Psychological Science*, 19(3), 284-289. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02081.x
Loui, P. & Przysinda, E. (2017). Music in the Brain. Areas and Networks. In R. Ashley & R. Timmers (eds.), The Routledge Companion to Music Cognition (pp. 13–24). Routledge.
MacLean, P. D. (1978). A mind of three minds: educating the triune brain. National Society for the study of education.
MacLean, P. D., (1990), The Triune Brain in Evolution:Role in Paleocerebral Functions. Plenum Press.
Madison, Guy & Merker Björn (2004). Human sensorimotor tracking of continuous subliminal deviations from isochrony, *Neuroscience Letters*, 370(1), 69–73. doi: 10.1016/j.neulet.2004.07.094.
Maes, P. J. (2016). Sensorimotor Grounding of Musical Embodiment and the Role of Prediction: A Review. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 308. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00308
Maes, P. J., Leman, M., Palmer, C. & Wanderley, M. M. (2014). Action-based effects on music perception. *Frontiers in Psychology*, 4, 1008. doi: 10.3389/fpsyg.2013.01008
Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C. & Friederici, A. D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: An MEG study. *Nature Neuroscience*, 4(5), 540-545. doi: 10.1038/87502
Mallik, A., Chanda, M. L. & Levitin, D. J. (2017). Anhedonia to music and mu-opioids: Evidence from the administration of naltrexone. *Scientific Reports*, 7, 41952. https://doi.org/10.1038/srep41952
Malloch, S. & Trevarthen, C. (2017). The musical self: Affections for life in a community of sound. In R. MacDonald, D. J. Hargreaves, & D. Miell (eds.), Handbook of musical identities (pp. 155–175). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199679485.003.0009
Margulis, E. H. (2005). A Model of Melodic Expectation. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 22(4). 663–714.
Margulis, E.H. (2014). Expectation, Musical Topics, and the Problem of Affective Differentiation. In D. Mirka (ed.), Handbook of Topic Theory (pp. 629–641). Oxford University Press.
Margulis, E.H., Wong, P.C.M., Simchy-Gross, R. & McAuley, J. D. (2019) What the music said: narrative listening across cultures. *Palgrave Communications*, 5(146), 1–8. https://doi.org/10.1057/s41599-019-0363-1.
Mark, D. (2015). The Origin of Emotions. Booksurge Publishing.
Markman, A. B. & Dietrich, E. (2000). In defense of representation. *Cognitive Psychology*, 40(2), 138–171. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0727
Marr, D. (1982). Vision: A Computational Approach. Freeman.
Martínez-Molina, N., Mas-Herrero, E., Rodríguez-Fornells, A., Zatorre, R. J. & Marco-Pallarés, J. (2016). Neural correlates of specific musical anhedonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113, E7337–E7345.
Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Rodriguez-Fornells, A. & Marco-Pallarés, J. (2014). Dissociation between musical and monetary reward responses in specific musical anhedonia. *Current Biology*, 24(6), 699–704.
Mayberg, H. S., Liotti, M., Brannan, S. K., McGinnis, S., Mahurin, R. K., Jerabek, P. A., Silva, J. A., Tekell, J. L., Martin, C. C., Lancaster, J. L. & Fox, P. T. (1999). Reciprocal limbic-cortical function and negative mood: converging PET findings in depression and normal sadness. *The American Journal of Psychiatry*, 156(5), 675–682. https://doi.org/10.1176/ajp.156.5.675
Mayer, J. D. & Salovey, P. (1993). The intelligence of emotional intelligence. *Intelligence*, 17(4), 433–442.
McCrae, R. R. (2007). Aesthetic chills as a universal marker of openness to experience. *Motivation and Emotion*, 31(1), 5–11. https://doi.org/10.1007/s11031-007-9053-1
McDermott, J. & Hauser, M. D. (2005). The origins of music: Innateness, development, and evolution. *Music Perception*, 23, 29–59.
McDougall, W. (1908/1960). An introduction to social psychology. Methuen.
McDougall, W. (1920). The derived emotions. An introduction to social psychology. Methuen.
McNeill, W. H. (1995). Keeping Together in Time – Dance & Drill in Human History. Harvard University Press.
McPhetres, J., & Shtulman, A. (2021). Piloerection is not a reliable physiological correlate of awe. *International Journal of Psychophysiology*, 159, 88–93. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.11.011

McDermott, J. H. (2025). Audition. In J. T. Wixted (ed.), Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience. Vol. 2: Sensation, Perception, and Attention. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn202
Menninghaus, W., Wagner, V., Hanich, J., Wassiliwizky, E., Jacobsen, T. & Koelsch, S. (2017). The Distancing-Embracing model of the enjoyment of negative emotions in art reception. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, e347. https://doi.org/10.1017/S0140525X17000309
Menon, V. & Levitin, D. J. (2005). The Rewards of Music Listening: Response and Physiological Connectivity of the Mesolimbic System. *Neuroimage*, 28(1), 175–184.
Meyer, L. B. (1956). Emotion and Meaning in Music. University of Chicago Press.
Miller, G. (1993). Evolution of the human brain through runaway sexual selection: The mind as a protean courtship device. PhD thesis, Psychology Department, Stanford University.
Miller, G. F. (1997). Protean primates: The evolution of adaptive unpredictability in competition and courtship. In A. Whiten & R. W. Byrne (eds.), Machiavellian Intelligence II: Extensions and Evaluations (pp. 312–340). Cambridge University Press.
Miller, G. (1999). Sexual selection for cultural displays. In Dunbar, R., Knight, C. & Power, C. (eds.), The evolution of culture (pp. 71–91). Edinburgh U. Press
Miller G. (2000A). Mental traits as fitness indicators. Expanding evolutionary psychology's adaptationism. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 907, 62–74. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06616.x
Miller, G. (2000B). The mating mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature. Doubleday & Co.
Mithen, S. (2005) The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body. Weidenfeld & Nicholson.
Mithen S. (2009). The music instinct: the evolutionary basis of musicality. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 3–12. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04590.x
Miranda, R. A. & Ullman, M. T. (2007). Double dissociation between rules and memory in music: an event-related potential study. *NeuroImage*, 38(2), 331–345. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.07.034
Mitterschiffthaler, M. T., Fu, C. H., Dalton, J. A., Andrew, C. M. & Williams, S. C. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain Mapping*, 28(11), 1150–1162. https://doi.org/10.1002/hbm.20337
Molnar-Szakacs, I., & Overy, K. (2006). Music and mirror neurons: from motion to 'e'motion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(3), 235–241. https://doi.org/10.1093/scan/nsl029
Montahu, A. (1974). Coming Into Being Among the Australian Aborigines: The procreative beliefs of the Australian Aborigines. Revised Edition. George Routledge & Sons Ltd.
Motz, B. A., Erickson, M. A. & Hetrick, W. P. (2013). To the beat of your own drum: Cortical regularization of non-integer ratio rhythms toward metrical patterns. *Brain and Cognition*, 81(3), 329–336. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.01.005
Mori, K. & Iwanaga, M. (2014). Pleasure generated by sadness: Effect of sad lyrics on the emotions induced by happy music. *Psychology of Music*, 42(5), 643-652.
Morley, I. (2013). The prehistory of music: evolutionary origins and archaeology of human musicality. Oxford University Press.
Morley, I. (2014). A multi-disciplinary approach to the origins of music: perspectives from anthropology, archaeology, cognition and behaviour. *Journal of Anthropological Sciences* = Rivista di antropologia: JASS, 92, 147–177. https://doi.org/10.4436/JASS.92008
Mountcastle, V. B. (ed.) (1962). Interhemispheric relations and cerebral dominance. Johns Hopkins Press
Murphy, F. C., Nimmo-Smith, I. & Lawrence, A. D. (2003). Functional neuroanatomy of emotions: a meta-analysis. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 3(3), 207–233. https://doi.org/10.3758/cabn.3.3.207
Münte, T. F., Altenmüller, E. & Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature reviews. Neuroscience*, 3(6), 473–478. https://doi.org/10.1038/nrn843
Müsseler, J. (ed.) (2007). Allgemeine Psychologie. Spektrum Akademischer Verlag.
Nagel, F. (2007). Psychoacoustical and psychophysiological correlates of the emotional impact and the perception of music. Sierke.
Naomi I. Eisenberger and Matthew D. Lieberman (2004). Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain. *Trends inCognitive Sciences*, 8(7), 294–300.

Narmour, E. (1990). The Analysis and Cognition of Basic Melodic Structures: The Implication-Realization Model. University of Chicago Press.
Narmour, E. (1999). Hierarchical expectation and musical style. In D. Deutsch (ed.), The psychology of music (pp. 441–472). Academic Press.
Neisser, U. (1967). Cognitive Psychology. Psychology Press.
Nettl, B. (1983). The Study of Ethnomusicology: Twenty-nine Issues and Concepts. University of Illinois Press.
Nettl, B. (2000). An ethnomusicologist contemplates universals in musical sound and musical culture. In N. L. Wallin, B. Merker., S. Brown (eds.), The origins of music (pp. 463–472). The MIT Press.
Niedenthal, P. M., Krauth-Gruber, S. & Ric, F. (2006). Psychology of emotion. Interpersonal, experiential, and cognitive approaches. Psychology Press.
Nieuwenhuys, R., Voogd, J. & van Huijzen, C. V. (2008). The human central nervous system. Springer.
Norman, D. A. & Rumelhart, D. E. (1970). A system for perception and memory. In D. A. Norman (ed.), Models of human memory (pp. 19–64). Academic Press.
Ochsner, K. N. & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), 242–249. https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.010
Omigie, D. (2016). Basic, specific, mechanistic? Conceptualizing musical emotions in the brain. *The Journal of Comparative Neurology*, 524(8), 1676–1686. https://doi.org/10.1002/cne.23854
Owings D. H. & Morton, E. S. (1998). Animal Vocal Communication: A New Approach. Cambridge University Press.
Pacchetti, C., Mancini, F., Aglieri, R., Fundarò, C., Martignoni, E. & Nappi, G. (2000). Active music therapy in Parkinson's disease: an integrative method for motor and emotional rehabilitation. *Psychosomatic Medicine*, 62(3), 386–393. https://doi.org/10.1097/00006842-200005000-00012
Paivio, A. (1986). Mental representations: A dual-coding approach. Oxford University Press.
Pantev, C., Engelien, A., Candia, V. & Elbert, T. (2001). Representational cortex in musicians. Plastic alterations in response to musical practice. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 300–314.
Panksepp, J. (1979). A neurochemical theory of autism. *Trends in Neurosciences*, 2, 174–177. https://doi.org/10.1016/0166-2236(79)90071-7
Panksepp, J. (1982). Toward a general psychobiological theory of emotions. *Behavioral and Brain Sciences*, 5(3), 407–422.
Panksepp, J. (1988B). Brain emotional circuits and psychopathologies. In M. Clynes & J. Panksepp (eds.), Emotions and psychopathology (pp. 37–76). Plenum Press.
Panksepp, J. (1992). A critical role for "affective neuroscience" in resolving what is basic about basic emotions. *Psychological Review*, 99(3), 554–560. https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.554
Panksepp, J. (1994). The basics of basic emotion. In P. Ekman & R. J. Davidson (ed.), The nature of emotion (pp. 20–24). Oxford University Press.
Panksepp, J. (1995). The emotional sources of „chills“ induced by music. *Music Perception*, 13(2), 171–207.
Panksepp, J. (1998). Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions. Oxford University Press.
Panksepp, J. (2000). The neuro-evolutionary cusp between emotions and cognitions: Implications for understanding consciousness and the emergence of a unified mind science. *Consciousness & Emotion*, 1(1), 15–54. https://doi.org/10.1075/ce.1.1.04pan
Panksepp, J. (2003). Feeling the Pain of Social Loss. *Science*, 302(5643), 237–239. DOI: 10.1126/science.1091062.
Panksepp, J. (2004). Affective neuroscience: The Foundations of human and Animal emotions. Oxford University Press.
Panksepp, J. (2006). Emotional endophenotypes in evolutionary psychiatry. *Progress in Neuro-psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 30(5), 774–784. https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2006.01.004
Panksepp, J. (2009). The emotional antecedents to the evolution of music and language. *Musicae Scientiae*, 13(2), 229–259. https://doi.org/10.1177/1029864909013002111
Panksepp, J. (2016). The cross-mammalian neurophenomenology of primal emotional affects: From animal feelings to human therapeutics. *The Journal of Comparative Neurology*, 524(8), 1624–1635. https://doi.org/10.1002/cne.23969

Panksepp, J., Vilberg, T., Bean, N. J., Coy, D. H. & Kastin, A. J. (1978). Reduction of distress vocalization in chicks by opiate-like peptides. *Brain Research Bulletin*, 3(6), 663–667. https://doi.org/10.1016/0361-9230(78)90014-X

Panksepp, J., Normansell, L., Herman, B., Bishop, P., Crepeau, L. (1988). Neural and Neurochemical Control of the Separation Distress Call. In: Newman, J.D. (ed.) The Physiological Control of Mammalian Vocalization. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1051-8_15

Panksepp, J. & Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60(2), 133–155. https://doi.org/10.1016/s0376-6357(02)00080-3

Panksepp, J., Thomas F. & Paolo I. (2011). The basic neuroscience of emotional experiences in mammals: The case of subcortical FEAR circuitry and implications for clinical anxiety. Applied Animal Behaviour Science, 129, 1–17.

Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 38(4), 725–743. https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1937.02260220069003

Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, 6(7), 674–681. https://doi.org/10.1038/nn1082

Patel, A. D. (2006). Musical Rhythm, Linguistic Rhythm, and Human Evolution. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 24(1), 99–104. https://doi.org/10.1525/mp.2006.24.1.99

Patel, A. D. (2008). Music, language and the brain, Oxford University Press.

Patel, A. D. (2010). Music, biological evolution, and the brain. In Bailar, M., Levander, C. F. & Henry, C. (eds.). Emerging disciplines : shaping new fields of scholarly inquiry in and beyond the humanities (pp. 91–144). Rice University Press.

Patel, A. D. (2012). The OPERA hypothesis: assumptions and clarifications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252, 124–128. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06426.x

Patel, A. D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M. & Holcomb, P. J . (1998). Processing syntactic relations in language and music: An event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(6), 717–733.

Patel, A. D. & Daniele, J. R. (2003). An empirical comparison of rhythm in language and music. *Cognition*, 87(1), B35–B45. https://doi.org/10.1016/S0010-0277(02)00187-7.

Patel, A. D., Iversen, J. R., Bregman, M. R. & Schulz, I. (2009). Experimental evidence for synchronization to a musical beat in a nonhuman animal. *Current Biology*, 19(10), 827–830. https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.038

Parncutt, R. (2006). Introduction: "Interdisciplinary musicology". *Musicae Scientiae*, 10(1), 7–11. https://doi.org/10.1177/102986490601000101

Pascalau, R. & Kuruvilla, R. (2020). A Hairy End to a Chilling Event. *Cell*, 182(3), 539–541

Payne, J. D., Jackson, E. D., Ryan, L., Hoscheidt, S., Jacobs, J. W. & Nadel, L. (2006). The impact of stress on neutral and emotional aspects of episodic memory. *Memory*, 14(1), 1–16. https://doi.org/10.1080/09658210500139176

Peltola, H. R. & Eerola, T. (2016). Fifty shades of blue: Classification of music-evoked sadness. *Musicae Scientiae*, 20(1), 84-102.

Pereira C.S., Teixeira J., Figueiredo P., Xavier J., Castro S.L. & Brattico, E. (2011). Music and Emotions in the Brain: Familiarity Matters. *PLoS one*, 6(11): e27241. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027241.

Peretz, I. (1993). Auditory atonalia for melodies. *Cognitive Neuropsychology*, 10(1), 21–56. https://doi.org/10.1080/02643299308253455

Peretz, I. (1996). Can we lose memory for music? A case of music agnosia in a nonmusician. Journal of *Cognitive Neuroscience*, 8(6), 481–496. https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.481

Peretz, I. (2001). Listen to the brain: A biological perspective on musical emotions. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Music and emotion: Theory and research (pp. 105–134). Oxford University Press.

Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100(1), 1–32. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.004

Peretz, I. (2011). Towards a neurobiology of musical emotions. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Oxford handbook of music and emotion (pp. 99–126). Oxford University Press.

Peretz, I. (2016). Neurobiology of Congenital Amusia. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(11), 857–867. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.09.002

Peretz, I., Gagnon, L. & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68(2), 111–141. https://doi.org/10.1016/s0010-0277(98)00043-2
Peretz, I., Ayotte, J., Zatorre, R. J., Mehler, J., Ahad, P., Penhune, V. B. & Jutras, B. (2002). Congenital amusia: A disorder of fine-grained pitch discrimination. *Neuron*, 33(2), 185–191.
Peretz, I. & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688–691. https://doi.org/10.1038/nn1083
Peretz, I. & Zatorre, R. J. (eds.). (2003). The Cognitive Neuroscience of Music. Oxford University Press.
Peretz, I. & Zatorre, R. J. (2005). Brain Organization for Music Processing. *Annual Review of Psychology* 56(1), 89–114. DOI:10.1146/annurev.psych.56.091103.070225.
Peretz, I., Brattico, E., Järvenpää, M. & Tervaniemi, M. (2009). The amusic brain: in tune, out of key, and unaware. *Brain: a journal of neurology,* 132(5), 1277–1286. https://doi.org/10.1093/brain/awp055
Peretz, I. Saffran, J., Schön, D. & Gosselin, N. (2012). Statistical learning of speech, not music, in congenital amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1252*, 361–367. doi:10.1111/j.1749-6632.2011.06429.x
Peretz, I., Vuvan, D., Lagrois, M. É. & Armony, J. L. (2015). Neural overlap in processing music and speech. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 370(1664), 20140090. https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0090
Peretz, I. & Vuvan, D. T. (2017). Prevalence of congenital amusia. *European Journal of Human Genetics*, 25(5), 625–630.
Pessoa L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews. Neuroscience*, 9(2), 148–158. https://doi.org/10.1038/nrn2317
Pfleiderer, M. (2006). Rhythmus: Psychologische, theoretische und stilanalytische Aspekte populärer Musik. Transcript-Verlag.
Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, 16(2), 331–348. https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1087
Phelps E. A. (2004). Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(2), 198–202. https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.03.015
Phillips, M. L., Young, A. W., Senior, C., Brammer, M., Andrew, C., Calder, A. J., Bullmore, E. T., Perrett, D. I., Rowland, D., Williams, S. C., Gray, J. A. & David, A. S. (1997). A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature*, 389(6650), 495–498. https://doi.org/10.1038/39051
Piaget, J. (1971). The Theory of Stages in Cognitive Development. In D. Green, M. P. Ford, & G. B. Flamer (eds.), Measurement and Piaget (pp. 1–11). McGraw-Hill.
Picard, R. W. (1997). Affective Computing. MIT Press.
Picard, R. W., Papert, S., Bender, W., Blumberg, B., Breazeal, C., Cavallo, D., Machover, T. and Resnick, M., Roy, D. & Strohecker, C. (2004). Affective learning — a manifesto. *BT Technology Journal*, 22(4) 253–269.
Pigman, G. W. (1995). Freud and the history of empathy. *The International Journal of Psychoanalysis,* 76, 237–256.
Pinker, S. (1994). The language instinct. Allen Lane.
Pinker, S. (1997). How the Mind Works. W. W. Norton.
Pinker, S. (2002). The Blank Slate: The Modern Denial of Human Nature. Penguin.
Platel, H., Price, C., Baron, J. C., Wise, R., Lambert, J., Frackowiak, R. S., Lechevalier, B. & Eustache, F. (1997). The structural components of music perception. A functional anatomical study. *Brain: a journal of neurology*, 120(2), 229–243. https://doi.org/10.1093/brain/120.2.229
Ploghaus, A., Tracey, I., Gati, J. S., Clare, S., Menon, R. S., Matthews, P. M. & Rawlins, J. N. (1999). Dissociating pain from its anticipation in the human brain. *Science*, 284(5422), 1979–1981. https://doi.org/10.1126/science.284.5422.1979
Plutchik, R. (1962). The emotions: Facts, theories, and a new model.Random House.
Plutchik, R. (1980). Emotion. A psychoevolutionary synthesis. Harper & Row.
Poldrack R. A. (2006). Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 59–63. https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.12.004
Poulin-Charronnat, B, Bigand, E. & Koelsch, S. (2006). Processing of Musical Syntax Tonic versus Subdominant: An Event-related Potential Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(9), 1545–1554. https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.9.1545

Pothos, E.M. (2007). Theories of artificial grammar learning. *Psychological Bulletin*, 133(2), 227–244. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.2.227

Putkinen, V., Nazari-Farsani, S., Seppälä, K., Karjalainen, T., Sun, L., Karlsson, H. K., Hudson, M., Heikkilä, T. T., Hirvonen, J. & Nummenmaa, L. (2021). Decoding Music-Evoked Emotions in the Auditory and Motor Cortex. *Cerebral Cortex*, 31(5), 2549–2560. https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa373

Purves, D. (2017). Music as Biology: The Tones We Like and Why. Harvard University Press. https://doi.org/10.4159/9780674972988.

Raichle, M. E. , MacLeod, A. M, Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A. & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676-682. https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676.

Ravignani, A. (2018). Darwin, Sexual Selection, and the Origins of Music. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(10), 716–719. https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.07.006

Ravignani, A., Delgado, T. & Kirby, S. (2016). Musical evolution in the lab exhibits rhythmic universals. *Nature Human Behaviour*, 1, Article 7, 1–7. https://doi.org/10.1038/s41562-016-0007.

Ravignani, A., & Madison, G. (2017). The Paradox of Isochrony in the Evolution of Human Rhythm. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1820. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01820

Ravignani, A., Bowling, D. L. & Fitch, W. T. (2014). Chorusing, synchrony, and the evolutionary functions of rhythm. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 1118. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01118

Ravignani, A., & Madison, G. (2017). The Paradox of Isochrony in the Evolution of Human Rhythm. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1820. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01820

Reiman, E. M. (1997). The application of positron emission tomography to the study of normal and pathologic emotions. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 58(16), 4–12.

Reisenzein, R. (2009). Emotions as metarepresentational states of mind: Naturalizing the belief–desire theory of emotion. *Cognitive Systems Research*, 10(1), 6–20. https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2008.03.001

Repp, B. H. (1991). Some cognitive and perceptual aspects of speech and music. In J. Sundberg, L. Nord & R. Carlson, (eds.), Music, Language, Speech and Brain (pp 257–268). MacMillan Press.

Resnicow, J. E., Salovey, P. & Repp, B. H. (2004). Is recognition of emotion in music performance an aspect of emotional intelligence? *Music Perception*, 22(1), 145–158.

Richardson, M. P., Strange, B. A. & Dolan, R. J. (2004). Encoding of emotional memories depends on amygdala and hippocampus and their interactions. *Nature Neuroscience*, 7(3), 278–285. https://doi.org/10.1038/nn1190

Rickard, N. S. (2004). Intense emotional responses to music: a test of the physiological arousal hypothesis. Psychology of Music, 32(4), 371– 388.

Rigg, M. G. (1964). The mood effects of music: A comparison of data from four investigators. *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 58(2), 427-438.

Rizzolatti, G. (2005) The Mirror Neuron System and Imitation. In Hurley, S. and Charter, N., (eds.), Perspective on Imitation: From Neuroscience to Social Science: Mechanisms of Imitation and Imitation in Animals (pp. 55–76). MIT Press.

Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2016). The mirror mechanism: a basic principle of brain function. *Nature Reviews. Neuroscience*, 17(12), 757–765. https://doi.org/10.1038/nrn.2016.135

Rizzolatti, G. & Caruana, F. (2017). How Do We Feel the Emotions of Others? *Frontiers for Young Minds: Science for Kids*, 5. doi: 10.3389/frym.2017.00036.

Rochat, P., Querido, J. G. & Striano, T. (1999). Emerging sensitivity to the timing and structure of protoconversation in early infancy. *Developmental Psychology*, 35(4), 950–957. https://doi.org/10.1037//0012-1649.35.4.950

Roederer, J. G. (1984). The search for a survival value of music. *Music Perception*, 1(3), 350–356. https://doi.org/10.2307/40285265

Rösler, F. (2011). Psychophysiologie der Kognition – Eine Einführung in die Kognitive Neurowissenschaft. Spektrum Akademischer Verlag.

Rohrmeier, M. (2010). Implicit learning of musical structure: Experimental and computational modelling approaches. PhD thesis. University of Cambridge.

Rohrmeier, M., Rebuschat, P. & Cross, I. (2011). Incidental and online learning of melodic structure. *Consciousness and Cognition*, 20(2), 214–222. https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.07.004

Rohrmeier, M. A. & Koelsch, S. (2012). Predictive information processing in music cognition. A critical review. *International Journal of Psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 83(2), 164–175. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.12.010
Roseman, I. J. (1979). Cognitive aspects of emotions and emotional behavior. Paper read on the 87th Convention g of the American Psychological Association in New York City on September 4th.
Roseman, I. J., Spindel, M. S. & Jose, P. E. (1990). Appraisals of emotion-eliciting events: Testing a theory of discrete emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(5), 899–915. https://doi.org/10.1037/0022-3514.59.5.899
Roseman, I. J., Antoniou, A. A. & Jose, P. E. (1996). Appraisal determinants of emotions: Constructing a more accurate and comprehensive theory. *Cognition and Emotion*, 10(3), 241–277. https://doi.org/10.1080/026999396380240
Roseman, I. J. & Smith, C. A. (2001). Appraisal theory: Overview, assumptions, varieties, controversies. In K. R. Scherer, A. Schorr & T. Johnstone (eds.), Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research (pp. 3–19). Oxford University Press.
Rushworth, M. F., Behrens, T. E., Rudebeck, P. H. & Walton, M. E. (2007). Contrasting roles for cingulate and orbitofrontal cortex in decisions and social behaviour. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(4), 168–176. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.01.004
Russell, J. A. (1977). Evidence for a Three-Factor Theory of Emotions. *Journal of Research in Personality*, 11(3), 273–294.
Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. https://doi.org/10.1037/h0077714
Russell, J. A. (1994). Is there universal recognition of emotion from facial expression? A review of the cross-cultural studies. *Psychological Bulletin*, 115(1), 102–141.
Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, 110(1), 145–172. https://doi.org/10.1037/0033-295X.110.1.145.
Russell, J. A. (2012). From a psychological constructionist perspective. In P. Zachar & R. D. Ellis (eds.), Categorical versus dimensional models of affect: A seminar on the theories of Panksepp and Russell (pp. 79–118). John Benjamins Publishing Company. https://doi.org/10.1075/ceb.7.03rus.
Russell , J. A. & Fernández-Dols, J. (ed.) (1997). The psychology of facial expression. Cambridge University Press.
Sachs M. E., Damasio A. & Habibi, A . (2015). The pleasures of sad music: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 404. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00404
Sachs M. E., Damasio A., Habibi A. & Kaplan, J. T. (2018). Decoding the neural signatures of emotions expressed through sound. *NeuroImage,* 174, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.02.058
Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Longo, G., Cooperstock, J. R. & Zatorre, R. J. (2009). The rewarding aspects of music listening are related to degree of emotional arousal. *PloS one*, 4(10), e7487. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007487
Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A. & Zatorre, R. J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature Neuroscience*, 14(2), 257–262. https://doi.org/10.1038/nn.2726
Savage, P. E. & Brown, S. (2013). Toward a New Comparative Musicology. *Analytical Approaches To World Music*, 2(2), 148–197.
Savage, P. E. (2019). Cultural evolution of music. *Palgrave Communications*, 5, Article 16. https://doi.org/10.1057/s41599-019-0221-1.
Savage, P. E., Loui, P., Tarr, B., Schachner, A., Glowacki, L., Mithen, S. & Fitch, W. T. (2020). Music as a coevolved system for social bonding. *Behavioral and Brain Sciences*, 44, e59. https://doi.org/10.1017/S0140525X20000333
Savage, P. E. & Fujii, S. (2022). Towards a cross-cultural framework for predictive coding of music. *Nature Reviews. Neuroscience*, 23(10), 641. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00622-4
Schachter, S. & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69(5), 379–399. https://doi.org/10.1037/h0046234
Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion: A component process approach. In K. R. Scherer & P. Ekman (eds.), Approaches to emotion (pp. 293–317). Psychology Press.
Scherer, K. R. (1986). Vocal affect expression: A review and a model for future research. *Psychological Bulletin*, 99(2), 143–165. https://doi.org/10.1037/0033-2909.99.2.143.

Scherer, K. R. (1995). Expression of emotion in voice and music. *Journal of Voice: official journal of the Voice Foundation*, 9(3), 235–248. https://doi.org/10.1016/s0892-1997(05)80231-0
Scherer, K. R. (2004). Which Emotions Can be Induced by Music? What Are the Underlying Mechanisms? And How Can We Measure Them? *Journal of New Music Research*, 33(3), 239–251. https://doi.org/10.1080/0929821042000317822
Scherer, K. R. (2005). What are Emotions? And how can they be measured? *Social Science Information,* 44, 695–729.
Scherer K. R. (2009). Emotions are emergent processes: they require a dynamic computational architecture. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1535), 3459–3474. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0141
Scherer, K. R. & Oshinsky, J. S. (1977). Cue utilization in emotion attribution from auditory stimuli. *Motivation and Emotion*, 1(4), 331–346.
Scherer, K. R., Schorr, A., & Johnstone, T. (eds.). (2001). Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research. Oxford University Press.
Scherer, K. R., & Zentner, M. R. (2001). Emotional effects of music: Production rules. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Music and emotion: Theory and research (pp. 361–392). Oxford University Press.
Scherer, K. R., Zentner, M. R. & Robert, M. (2008). Music evoked emotions are different-more often aesthetic than utilitarian. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5), 595–596. DOI: 10.1017/S0140525X08005505.
Schlaug, G. (2001). The brain of musicians. A model for functional and structural adaptation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 281–299.
Schmahmann, J. D. (2000). The role of the cerebellum in affect and psychosis. *Journal of Neurolinguistics*, 13(2-3), 189–214. https://doi.org/10.1016/S0911-6044(00)00011-7
Schmahmann, J. D. (2001). The cerebrocerebellar system: Anatomic substrates of the cerebellar contribution to cognition and emotion. *International Review of Psychiatry*, 13(4), 247–260. https://doi.org/10.1080/09540260120082092
Schmahmann, J. D., & Pandya, D. N. (2008). Disconnection syndromes of basal ganglia, thalamus, and cerebrocerebellar systems. *Cortex: a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 44(8), 1037–1066. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.04.004
Schoenbaum, G., Roesch, M. R., & Stalnaker, T. A. (2006). Orbitofrontal cortex, decision-making and drug addiction. *Trends in Neurosciences*, 29(2), 116–124. https://doi.org/10.1016/j.tins.2005.12.006
Schubert, E. (1996). Enjoyment of negative emotions in music: An associative network explanation. *Psychology of Music*, 24(1), 18–28. https://doi.org/10.1177/0305735696241003
Schubert, E. (2013). Loved music can make a listener feel negative emotions. *Musicae Scientiae*, 17(1), 11–26.
Scharff, C. & Petri, J. (2011). Evo-devo, deep homology and FoxP2: implications for the evolution of speech and language. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences,* 366(1574), 2124–2140. https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0001
Schneck, D. J. & Berger, D. S. (2006). The Music Effect: Music Physiology and Clinical Applications. Jessica Kingsley Publishers.
Schulkin, J. (2013). Musical Expectations, Probability, and Aesthetics, Reflections on the Musical Mind: an evolutionary perspective. Princeton University Press.
Schultz, W., Dayan, P. & Montague, P. R. (1997). A neural substrate of prediction and reward. Science, 275(5306), 1593–1599. https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1593
Seifert, U. (2011). Signification and Significance: Music, brain, and culture – Comment on „Towards a neural basis of processing musical semantics“ by Stefan Koelsch. *Physics of Life Review*, 8(2), 122–124. Elsevier.
Seifert, U. (2020). Relating the evolution of music-readiness and language-readiness within the context of comparative neuroprimatology. In M. A. Arbib (ed.), How the brain got language: Towards a new road map (pp. 86–101). John Benjamins Publishing Company. https://doi.org/10.1075/bct.112.07sei
Senn, O. & Kopiez, R. (2018). Musikalisches Entrainment: Rhythmus - Microtiming - Swing - Groove. In Andreas C. Lehmann, A. C. & Kopiez, R. (eds.), Handbuch Musikpsychologie (pp 543–568). Hogrefe Verlag.
Sescousse, G., Caldú, X., Segura, B. & Dreher, J. C. (2013). Processing of primary and secondary rewards: a quantitative meta-analysis and review of human functional neuroimaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(4), 681–696. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.02.002

Silvia, P. J. (2012). Human emotions and aesthetic experience. In Shimamura, A. & Palmer, S., (eds.), Aesthetic Science: Connecting Minds, Brains, and Experience (pp. 250–275), Oxford University Press.
Silvia, P. J. & Nusbaum, E. C. (2011). On personality and piloerection: Individual differences in aesthetic chills and other unusual aesthetic experiences. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 5(3), 208–214. https://doi.org/10.1037/a0021914
Sievers, B., Polansky, L., Casey, M. & Wheatley, T. (2013). Music and movement share a dynamic structure that supports universal expressions of emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of t he United States of America*, 110(1), 70–75. https://doi.org/10.1073/pnas.1209023110
Skinner, B. F. (1976). About Behaviorism. Vintage Books.
Sloboda, J. A. (1991). Music structure and emotional response: Some empirical findings. *Psychology of Music*, 19(2), 110–120. https://doi.org/10.1177/0305735691192002
Sloboda, J. A. (2010). Music in everyday life: The role of emotions. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Handbook of music and emotion: Theory, research, applications (pp. 493–514). Oxford University Press.
Sloboda, J. A. & Juslin, P. N. (2001). Psychological perspectives on music and emotion. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Music and emotion: Theory and research (pp. 71–104). Oxford University Press.
Sloboda, J. A. & Juslin, P. N. (2005). Affektive Prozesse: Emotionale und ästhetische Aspekte musikalischen Verhaltens. In T. H. Stoffer, & R. Oerter (eds.), Enzyklopädie der Psychologie, Musikpsychologie, Bd. 1: Allgemeine Musikpsychologie (pp. 767–843). Hogrefe.
Sloboda, J. A. & Juslin, P. N. (2010). At the interface between the inner and outer world: Psychological perspectives. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (eds.), Handbook of music and emotion: Theory, research, applications (pp. 73–97). Oxford University Press.
Small, C. (1999). Musicking — the meanings of performing and listening. A lecture. *Music Education Research*, 1, 9–22.
Spencer, H. (1857). On the origin and function of music. Fraser's Magazine, pp. 396–408
Spencer, H. (1911). On the Origin and Function of Music. In Eliot, C. W. (ed.), Essays on Education and Kindred Subjects (pp. 312–330). Dent.
Spitzer, M. (2010), Mapping the Human Heart: a Holistic Analysis of Fear in Schubert. *Music Analysis*, 29, 149–213. https://doi.org/10.1111/j.1468-2249.2011.00329.x
Spitzer, M. (2018). Musik im Kopf: Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk. Schattauer.
Slevc, L. R., Rosenberg, J. C. & Patel, A. D. (2009). Making psycholinguistics musical: self-paced reading time evidence for shared processing of linguistic and musical syntax. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 374–381. https://doi.org/10.3758/16.2.374
Slevc, L.R. & Patel, A. (2011). Meaning in music and language: Three key differences: Comment on "Towards a neural basis of processing musical semantics" by Stefan Koelsch. *Physics of life reviews*, 8(2), 110–111.
Solis, G & Nettl, B. (2009). Musical Improvisation: Art, Education, and Society. University of Illinois Press.
Steinbeis, N., Koelsch, S. & Sloboda, J. A. (2006). The role of harmonic expectancy violations in musical emotions: evidence from subjective, physiological, and neural responses. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(8), 1380–1393. https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.8.1380
Steinbeis, N. & Koelsch, S. (2008). Shared neural resources between music and language indicate semantic processing of musical tension-resolution patterns. *Cerebral Cortex*, 18(5), 1169–1178. https://doi.org/10.1093/cercor/bhm149
Steinbeis, N. & Koelsch, S. (2010). Affective Priming Effects of Musical Sounds on the Processing of Word Meaning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(3), 604-21. DOI:10.1162/jocn.2009.21383
Sterelny K. (2012). Language, gesture, skill: the co-evolutionary foundations of language. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 367(1599), 2141–2151. https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0116
Striedter, G. F. (2005). Principles of Brain Evolution. Sinauer Associates.
Sur, M. & Leamey, C. A. (2001). Development and plasticity of cortical areas and networks. *Nature Reviews. Neuroscience*, 2(4), 251–262. https://doi.org/10.1038/35067562
Swanson, Larry W. (2012). Brain Architecture: Understanding the Basic Plan. Oxford University Press.
Schaefer H. E. (2017). Music-Evoked Emotions-Current Studies. *Frontiers in Neuroscience*, 11, Article 600. https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00600

Tallal, P. & Gaab, N. (2006). Dynamic auditory processing, musical experience and language development. *Trends in Neurosciences*, 29(7), 382–390. https://doi.org/10.1016/j.tins.2006.06.003
Taruffi, L. & Koelsch, S. (2014). The paradox of music-evoked sadness: an online survey. *PloS one*, 9(10), e110490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110490
Tarr, B., Launay, J. & Dunbar, R. I. (2014). Music and social bonding: "self-other" merging and neurohormonal mechanisms. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 1096. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01096
Tarr, B., Launay, J. & Dunbar, R. I. (2016). Silent disco: dancing in synchrony leads to elevated pain thresholds and social closeness. *Evolution and Human Behavior: official journal of the Human Behavior and Evolution Society*, 37(5), 343–349. https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2016.02.004
Tekman, H. G. & Bharucha, J. J. (1992). Time course of chord priming. *Perception & Psychophysics*, 51(1), 33–39. https://doi.org/10.3758/bf03205071
Tettamanti, M. & Weniger, D. (2006). Broca's area: a supramodal hierarchical processor?. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 42(4), 491–494. https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70384-8
Thaut, M. H. & Hodges, D. A. (eds.) (2018), The Oxford Handbook of Music and the Brain, Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198804123.001.0001
Thompson, W. F., Schellenberg, E. G. & Husain, G. (2004). Decoding speech prosody: do music lessons help?. *Emotion*, 4(1), 46–64. https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.1.46
Thompson, W. F. & Quinto, L. (2011). Music and emotion: psychological considerations. In E. Schellekens, & P. Goldie (eds.), The Aesthetic Mind: Philosophy and Psychology (pp. 357–375). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199691517.003.0022
Thompson, W. F., Marin, M. M. & Stewart, L. (2012). Reduced sensitivity to emotional prosody in congenital amusia rekindles the musical protolanguage hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(46), 19027–19032. https://doi.org/10.1073/pnas.1210344109
Tillmann B. (2005). Implicit investigations of tonal knowledge in nonmusician listeners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 100–110. https://doi.org/10.1196/annals.1360.007
Tillmann, B., Bigand, E. & Pineau, M. (1998). Effects of global and local contexts on harmonic expectancy. *Music Perception*, 16(1), 99–117. https://doi.org/10.2307/40285780
Tillmann, B., Janata, P. & Bharucha, J. J . (2003). Activation of the inferior frontal cortex in musical priming *Cognitive Brain Research*, 16(2), 145-161. DOI:10.1016/S0926-6410(02)00245-8
Tillmann, B. & Bigand, E. (2015). Response: A commentary on: "Neural overlap in processing music and speech". *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 491. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00491
Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 20(4), 410–433. https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1963.tb01161.x
Tolbert, E. (2001). Music and Meaning: An Evolutionary Story. *Psychology of Music*, 29(1), 84-94. https://doi.org/10.1177/0305735601291006
Tomasello, M. (1995). Language is not an Instinct. *Cognitive Development*, 10, 131-156.
Tomasello, M. (1999). The Human Adaptation for Culture. *Annual Review of Anthropology*, 28, 509-529. https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.28.1.509
Tomasello, M. (2002). Die kulturelle Entwicklung des menschlichen Denkens. Zur Evolution der Kognition. Suhrkamp Verlag.
Tomasello, M. (2019). Becoming Human: A Theory of Ontogeny. The Belknap Press.
Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T. & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: the origins of cultural cognition. *The Behavioral and Brain Sciences*, 28(5), 675–735. https://doi.org/ 10.1017/S0140525X05000129
Tomlinson, G. (2015). A million years of music: the emergence of human modernity. MIT Press.
Tomkins, S. (1962). Affect imagery consciousness: Volume I: The positive affects. Springer Publishing Company.
Tomkins, S. S. (1980). Affect as amplification: Some modifications in theory. In R. Plutchik & H. Kellerman (eds.), Emotion: Theory, research, and experience (pp. 141–164). Academic.
Tomkins, S. S. & McCarter, R. (1964). What and where are the primary affects? Some evidence for a theory. *Perceptual and Motor Skills*, 18(1), 119–158. https://doi.org/10.2466/pms.1964.18.1.119

Tooby, J. & Cosmides, L. (2008). The evolutionary psychology of the emotions and their relationship to internal regulatory variables. In M. Lewis, J. M. Haviland-Jones, & L. F. Barrett (eds.), Handbook of emotions (pp. 114–137). The Guilford Press.
Trehub, S. E. (1976). Emotion and Music in Infancy. *Musicae Scientiae*, 5(1), 37–61. DOI: 10.1177/10298649020050S103.
Trehub, S. E. (1993). The music listening skills of infants and young children. In T. J. Tighe & W. J. Dowling (eds.), Psychology and music: The understanding of melody and rhythm (pp. 161–176). Lawrence Erlbaum Associates.
Trehub, S. E. (2000). Human processing predispositions and musical universals. In N. L. Wallin, B. Merker, & S. Brown (eds.), The origins of music (pp. 427–448). The MIT Press.
Trehub, S. E. (2003). The developmental origins of musicality. *Nature Neuroscience*, 6(7), 669–673. https://doi.org/10.1038/nn1084
Trehub, S. E. & Trainor, L. (1998). Singing to infants: Lullabies and play songs. *Advances in Infancy Research*, 12, 43-78.
Trehub, S. E. & Nakata, T. (2001). Emotion and music in infancy. *Musicae Scientiae*, 5(1), 37-61. https://doi.org/10.1177/10298649020050S103
Trehub, S. E., Zatorre, R. & Peretz, I. (2003). Musical predispositions in infancy: An update, Musical Predispositions, In I. Peretz & R. Zatorre (eds.), The cognitive neuroscience of music (pp. 3-20). Oxford University Press.
Trehub, S. E. & Hannon, E. E. (2006). Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms?. *Cognition*, 100(1), 73–99. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.006
Trevarthen, C. (1999). Musicality and the intrinsic motive pulse: evidence from human psychobiology and infant communication. *Musicae Scientiae*, 3, 155 - 215.
Trevarthen, C. (2002), Emerging cognitive abilities in early infancy. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43, 545-547. https://doi.org/10.1111/j.0021-9630.2002.0044f.x
Trivers, R. (1971). The Evolution of Reciprocal Altruism. *The Quarterly Review of Biology*, 46(1), 35–57. DOI:10.1086/406755.
Trost, W., Ethofer, T., Zentner, M. & Vuilleumier, P. (2012). Mapping aesthetic musical emotions in the brain. *Cerebral Cortex*, 22(12), 2769–2783. https://doi.org/10.1093/cercor/bhr353
VandenBos, G. R. (ed.) (2015). APA dictionary of psychology. American Psychological Association.
Van der Schyff, D. (2013). Music, Meaning and the Embodied Mind: Towards an Enactive Approach to Music Cognition. *Approaches: Music Therapy & Special Music Education*, 5(1), 50–58. https://doi.org/10.56883/aijmt.2013.470.
van der Schyff. D & Schiavio, A. (2017). Evolutionary Musicology Meets Embodied Cognition: Biocultural Coevolution and the Enactive Origins of Human Musicality. *Frontiers in Neuroscience*, 11, Article 519. https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00519
Vargha-Khadem, F., Watkins, K. E., Price, C. J., Ashburner, J., Alcock, K. J., Connelly, A., Frackowiak, R. S., Friston, K. J., Pembrey, M. E., Mishkin, M., Gadian, D. G. & Passingham, R. E. (1998). Neural basis of an inherited speech and language disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(21), 12695–12700. https://doi.org/10.1073/pnas.95.21.12695
Vieillard, S., Peretz, I., Gosselin, N., Khalfa, S., Gagnon, L. & Bouchard, B. (2008). Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions. *Cognition and Emotion*, 22(4), 720–752. https://doi.org/10.1080/02699930701503567
Vogeley, K. (2017). Two social brains: neural mechanisms of intersubjectivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 372(1727), 20160245. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0245
Von Helmholtz, H. (1863). Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Friedrich Vieweg und Sohn.
Vuoskoski, J. K. & Eerola, T. (2012). Can sad music really make you sad? Indirect measures of affective states induced by music and autobiographical memories. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(3), 204–213. https://doi.org/10.1037/a0026937.
Vuoskoski, J. K. & Eerola, T. (2017). The pleasure evoked by sad music is mediated by feelings of being moved. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 439.
Vuust, P., Heggli, O. A., Friston, K. J. & Kringelbach, M. L. (2022). Music in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 23(5), 287–305. doi:10.1038/s41583-022-00578-5.

Wager, T. D., Kang, J., Johnson, T. D., Nichols, T. E., Satpute, A. B. & Barrett, L. F. (2015). A Bayesian model of category-specific emotional brain responses. *PLoS Computational Biology*, 11(4), e1004066. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004066
Wallin, N. L. (1991). Biomusicology: Neurophysiological: neuropsychological and evolutionary perspectives on the origins and purposes of music. Pendragon Press.
Wallis, J. D. (2007). Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 31–56. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.30.051606.094334
Ward, J. (2016). The Student's Guide to Social Neuroscience (2nd ed.). Psychology Press. https://doi.org/10.4324/9781315694306
Wassiliwizky, E., Jacobsen, T., Heinrich, J., Schneiderbauer, M. & Menninghaus, W. (2017). Tears Falling on Goosebumps: Co-occurrence of Emotional Lacrimation and Emotional Piloerection Indicates a Psychophysiological Climax in Emotional Arousal. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 41. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00041
Watson, J. B. (1930). Behaviorism. Revised edition. University of Chicago Press.
Wedin, L. (1972). A multidimensional study of perceptual-emotional qualities in music. *Scandinavian Journal of Psychology*, 13(4), 241–257. https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.1972.tb00072.x
Webster, G. D., & Weir, C. G. (2005). Emotional Responses to Music: Interactive Effects of Mode, Texture, and Tempo. *Motivation and Emotion*, 29(1), 19–39. https://doi.org/10.1007/s11031-005-4414-0
Weth K., Raab M. H. & Carbon C. C. (2015). Investigating emotional responses to self-selected sad music via self- report and automated facial analysis. *Musicae Scientiae*, 19(4), 412–432.
Whiten, A. & Byrne, R. W. (1988). Tactical deception in primates. *Behavioral and Brain Sciences*, 11(2), 233–244. doi:10.1017/S0140525X00049682
William, J. (1890). The Principles of Psychology. Dover Publications.
Wolfe, C. D. & Bell, M. A. (2007). The integration of cognition and emotion during infancy and early childhood: regulatory processes associated with the development of working memory. *Brain and Cognition*, 65(1), 3–13. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2006.01.009
Wynn, T. & Coolidge, F. L. (1996). Cognitive Models in Palaeolithic Archaeology. Oxford UniversityPress.
Wynn, T. (2002). Archaeology and cognitive evolution. *The Behavioral and Brain Science*s, 25(3), 389–438. https://doi.org/10.1017/s0140525x02000079
Zahavi, A. (1975). Mate selection-a selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology*, 53(1), 205–214. https://doi.org/10.1016/0022-5193(75)90111-3
Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American Psychologist*, 35(2), 151–175. https://doi.org/10.1037/0003-066X.35.2.151
Zatorre, R. J. (1988). Pitch perception of complex tones and human temporal-lobe function. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(2), 566–572. https://doi.org/10.1121/1.396834
Zatorre, R. J. (2003). Absolute pitch: a model for understanding the influence of genes and development on neural and cognitive function. *Nature Neuroscience*, 6(7), 692–695. https://doi.org/10.1038/nn1085
Zatorre, R. J. (2018). Why Do We Love Music? *Cerebrum*: *the Dana forum on brain scienc*e.
Zatorre, R. J. & Samson, S. (1991). Role of the right temporal neocortex in retention of pitch in auditory short-term memory. *Brain: a journal of neurology*, 114(6), 2403–2417. https://doi.org/10.1093/brain/114.6.2403
Zatorre, R. J., Evans, A. C. & Meyer, E. (1994). Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *The Journal of Neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 14(4), 1908–1919. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.14-04-01908.1994
Zatorre, R. J. & Krumhansl, C. L. (2002). Neuroscience. Mental models and musical minds. *Science,* 298(5601), 2138–2139. https://doi.org/10.1126/science.1080006
Zatorre, R. J., Chen, J. L. & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews. Neuroscience*, 8(7), 547–558. https://doi.org/10.1038/nrn2152
Zentner, M. & Russell, A. (2006). Do infants dance to music? A study of spontaneous rhythmic expressions in infancy. In M. Baroni, A. Addessi, R. Caterina, & M. Costa (eds.), Conference Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception and Cognition (pp. 217–218).
Zentner, M., Grandjean, D. & Scherer, K. R. (2008). Emotions evoked by the sound of music: characterization, classification, and measurement. *Emotion*, 8(4), 494–521. https://doi.org/10.1037/1528-3542.8.4.494

Zimbardo, P. G. (2006). On rethinking the psychology of tyranny: the BBC prison study. *The British Journal of Social Psychology*, 45(1), 47–53. https://doi.org/10.1348/014466605X81720

Zimbardo, P. G., Johnson, R. L. & Weber, A. L. (2006). Psychology: Core Concepts. Allyn and Bacon.

Zubrow, E., Cross, I. & Cowan, F. (2001). Musical behaviour and the archaeology of the mind. *Archaeology Polona*, 39, 111–126.

Abkürzungsverzeichnis

Diese Liste enthält die in der Dissertation verwendeten Abkürzungen, jeweils mit ihrer englischen und deutschen Bezeichnung. Einige dieser Abkürzungen werden direkt aus dem englischen übernommen und bleiben unverändert. Die Abkürzungen werden in der evolutionären Musikforschung und der Kognitiven Neurowissenschaft der Musik verwendet:

Abkürzung	Englisch	Deutsch	
ACC	anterior cingulate cortex	anteriorer Cingulärer Cortex	
Am	amygdala	Amygdala	
BNST	bed nucleus of the stria terminalis	Nucleus striae terminalis	
BOLD	blood-oxygen-level-dependent	abhängig vom Blutsauerstoffgehalt	
DA	dopaminergic	dopaminerg	
DMT	dorsomedial thalamus	dorsomedialer Thalamus	
dPOA	dorso prefrontal cortex	dorsaler präfrontaler Kortex	
EEG	electroencephalography	Elektroenzephalografie	
ERP	event-related potentional	ereigniskorreliertes Potenzial	
ERAN	early right anterior negativity	die Early Right Anterior Negativity	
ELAN	early left anterior negativity	die Early Left Anterior Negativity	
fMRI	hypothalamus	Hypothalamus	
Hipp	hippocampus	Hippocampus	
IFG	inferior frontal gyrus	Gyrus frontalis superior	
LPC	late positive component	spät-positive Komponente	
MEG	magnetoencephalography	Magnetoenzephalographie	
mPFC	medial prefrontal cortex	medialer präfrontaler Kortex	
MMN	mismatch negativity	die Mismatch-Negativity	
NAcc	Nucleus accumbens	Nucleus Accumbens	
OFC	orbitofrontal cortex	Orbitofrontalkortex	
PAG	periaqueductal gray	periaquäduktales Grau / (zentrales Höhlengrau)	
PET	positron-emission tomography	Positronen-Emissions-Tomographie	
PH	parahippocampalis	Gyrus parahippocampalis	
PMC	premotor cortex	prämotorischer Kortex	
POA	preoptic area	Area praeoptica / präoptisches Areal	

SMA	supplementary motor area	ergänzendes motorisches Areal	
STG	superior temporal gyrus	Gyrus temporalis superior	
Temp P	temporal pole	Temporalpol	
vmPFC	ventromedial prefrontal cortex	ventromedialer präfrontaler Kortex	
VS	ventral striatum	ventrales Striatum	