



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Durch Musik ausgelöstes, subjektiv wahrgenommenes Arousal,  
elektrodermale Aktivität und subjektive Schmerzwahrnehmung

verfasst von / submitted by

Kristina Plisko, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien, 2020 / Vienna 2020

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

UA 066 840

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

Masterstudium Psychologie UG2002

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Urs Markus Nater

## **Inhaltsverzeichnis**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Abstract / Zusammenfassung                                      | 2  |
| 1. Einleitung und theoretischer Hintergrund                     | 3  |
| 1.1. Schmerz und Schmerzwahrnehmung                             | 4  |
| 1.2. Behandlung von Schmerzen                                   | 7  |
| 1.3. Arousal                                                    | 9  |
| 1.4. Elektrodermale Aktivität                                   | 11 |
| 1.5. Musik und Schmerz                                          | 12 |
| 1.6. Ziel der Untersuchung                                      | 18 |
| 2. Fragestellung und Hypothesen                                 | 19 |
| 3. Methode                                                      | 20 |
| 3.1. Untersuchungsdesign                                        | 20 |
| 3.2. Stichprobe                                                 | 21 |
| 3.3. Operationalisierung                                        | 22 |
| 3.4. Vorgehen                                                   | 24 |
| 3.5. Auswertung                                                 | 26 |
| 4. Ergebnisse                                                   | 27 |
| 4.1. Voraussetzungsprüfung                                      | 27 |
| 4.2. Hypothesenprüfung                                          | 28 |
| 4.2.1. Hypothese 1                                              | 28 |
| 4.2.2. Hypothese 2                                              | 29 |
| 4.2.3. Hypothese 3                                              | 29 |
| 4.3. Einzelfallanalysen                                         | 31 |
| 4.3.1. Bedingung: fremdgewählte Musik                           | 33 |
| 4.3.2. Bedingung: fremdgewählte frequenzmodulierte Musik        | 35 |
| 4.3.3. Bedingung: selbstgewählte Musik                          | 37 |
| 4.3.4. Bedingung: selbstgewählte Musik – Sonderfall CPT-Abbruch | 40 |
| 4.3.5. Vergleich der Einzelfallanalysen                         | 42 |
| 5. Diskussion                                                   | 47 |
| 5.1. Limitationen                                               | 54 |
| 6. Conclusio                                                    | 57 |
| 7. Literatur                                                    | 58 |
| Anhang                                                          | 65 |

## **Abstract**

Music can have an effective impact in a psychological and physiological way. Therefore, it is used in therapeutic interventions as for pain reduction. The musical characteristics, that may play a role in the reduction of pain, are still to be further examined. Sympathetic nervous system activation could be useful in this case, which can be identified e. g. by changes of the electrodermal activity (EDA). EDA can be influenced by stimuli like the subjectively perceived music-induced arousal. Thus, this study shall examine whether the subjectively perceived music-induced arousal can decrease perceived pain, regarding its intensity and tolerance, by mediation through EDA. This was tested within an experimental randomized controlled study about „music and stress management“, where participants took part in ten music-listening-sessions with three different music conditions. During four music sessions their EDA was recorded and the cold pressor test (CPT) was used afterwards as a painful stimulus. The results of twelve participants (75 % women, 25 % men) between 18 and 35 years were examined using correlations and mediations. Even though, there was evidence that perceived arousal and EDA may have a positive impact on pain tolerance, no significant evidence was found to support the assumption that arousal decreases pain through EDA. The small number of participants might play a role in these results, so further research is required to test, whether there might still be a significant influence.

## **Zusammenfassung**

Musik hat einen wirkungsvollen Einfluss auf psychischer und physiologischer Ebene und wird auch in therapeutischen Interventionen wie der Schmerztherapie eingesetzt. Für die Identifikation einzelner Eigenschaften der Musik, die zur Schmerzreduktion beitragen, sind allerdings noch weitere Untersuchungen nötig. Einen möglichen Ansatzpunkt bietet die Aktivierung des sympathischen Nervensystems, die sich u. a. in veränderter elektrodermaler Aktivität (EDA) äußert. Diese kann durch einen Stimulus wie das wahrgenommene Arousal durch Musik beeinflusst werden. Daher wurde hier untersucht, ob das durch Musik ausgelöste, subjektiv wahrgenommene Arousal mit der EDA als Mediator zu geringerer Schmerzwahrnehmung hinsichtlich Schmerzintensität und Schmerztoleranz führt. Dies wurde im Rahmen einer übergeordneten experimentellen randomisiert-kontrollierten Studie zu „Musik und Stressmanagement“ untersucht, worin die Testpersonen drei Versuchsbedingungen mit unterschiedlicher Musik zugeteilt wurden und zehn Musikhörsitzungen durchlaufen. In vier Sitzungen wurde zusätzlich ihre EDA aufgezeichnet und anschließend ein Schmerzreiz in Form

des Cold Pressor Tests (CPT) gesetzt. Es wurden die Daten von zwölf Testpersonen (75 % Frauen, 25 % Männer) zwischen 18 und 35 Jahren ausgewertet, wofür Korrelations- und Mediationsanalysen verwendet wurden. Zwar deuten die Ergebnisse darauf hin, dass das subjektive Arousal und die EDA einen positiven Einfluss auf die Schmerztoleranz haben könnten, jedoch konnte letztlich kein signifikanter Einfluss von subjektiv wahrgenommenem Arousal und EDA auf die Schmerzwahrnehmung belegt werden. Die geringe Stichprobe kann bei diesen Ergebnissen eine Rolle gespielt haben, sodass weiterführende Untersuchungen mit größerer Stichprobe zur Überprüfung eines möglichen signifikanten Zusammenhanges nötig wären.

## **1. Einleitung und theoretischer Hintergrund**

Die Beschäftigung mit Musik bringt mehr Nebeneffekte mit sich, als man im ersten Moment erwarten mag, denn hinter dem spürbaren Einfluss auf Stimmung und Gefühle steckt mehr (Khalfa, Isabelle, Jean-Pierre & Manon, 2002). Musik ist dazu in der Lage, Emotionen wie Freude oder Traurigkeit auszulösen oder die Stimmung in eine bestimmte Richtung zu lenken (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Die dadurch entstehende Aktivität im Gehirn stimuliert wiederum Veränderungen auf hormoneller und neurophysiologischer Ebene, womit sich die wahrgenommene Musik auf das autonome Nervensystem auswirkt (Ellis & Thayer, 2010; Ellis, Koenig & Thayer, 2012; Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Intensive Reaktionen wie Weinen oder das Entstehen von Gänsehaut können daraus folgen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Anhand von diesen Beispielen ist erkennbar, dass es sich dabei nicht nur um emotionale Regungen, sondern auch um körperliche Reaktionen handelt. Und obwohl die Einflüsse von Musik auf Psychisches und Körperliches nicht immer bewusst sind, sind die Reaktionen auf Musik dennoch oft deutlich und können sich zudem positiv auf das Wohlbefinden auswirken (Vaajoki, Pietilä, Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2012). Dieser mögliche Effekt von Musik spricht dafür, Musik nicht nur zur Unterhaltung einzusetzen, sondern auch gezielt zur Verbesserung des Wohlbefindens. Dass Musik die Stimmung beeinflussen kann, ist in diesem Fall nicht das Ausschlaggebende, sondern viel mehr das, was sie im Körper bewirkt. Die Frage ist dabei, inwieweit Musik unangenehme körperliche Empfindungen beeinflussen kann. Und was könnte neben psychischem Leiden schon unangenehmer sein als körperlicher Schmerz?

### 1.1. Schmerz und Schmerzwahrnehmung

Erfahrungen mit Schmerzen sind für gewöhnlich unvermeidbar. Als Schmerzen werden unangenehme Sinnes- oder Gefühlserlebnisse bezeichnet, die mit aktueller oder potenzieller (Gewebs-)Schädigung verbunden sind (IASP, 1994). Diese Definition macht deutlich, dass das Schmerzerleben über die Reizwahrnehmung hinausgeht, indem eine affektive Komponente dazu kommt, die Schmerz auf emotionaler Ebene wahrnehmen und bewerten lässt. Es handelt sich demnach um eine subjektive Sinneswahrnehmung, die durchaus sehr unterschiedlich ausfallen kann, sodass es beispielsweise auch Individuen gibt, die keine Schmerzen zu empfinden scheinen (Sternbach, 1963). Obwohl objektive Vorstellungen über das Ausmaß von Schmerz und seine Qualitäten bestehen, bleibt die Subjektivität der Schmerzwahrnehmung dennoch von besonderer Bedeutung. Die zuvor beschriebene Definition geht ursprünglich von Schmerz durch Gewebsschädigung aus, also von sogenanntem Körperschmerz. Dieser alleinige Zusammenhang zeigt sich allerdings nicht als ausreichend, sodass bekannt ist, dass Schmerz auch ohne erkennbaren physischen Auslöser bestehen kann (Loeser & Melzack, 1999). Die International Association of the Study of Pain (IASP, 1994) erweitert die Definition von Schmerz daher um den Zusatz, dass (Körper-)Schmerz auch ohne somatische Ursache entstehen kann, womit verdeutlicht wird, dass es sich bei Schmerz um ein multidimensionales Geschehen handelt (Peng, Babiloni, Mao & Hu, 2015). Zu beachten ist allerdings, dass hierbei die Rede von Schmerzen ist, die als somatisch manifestiert wahrgenommen werden, wodurch Schmerzen, die rein psychischer Natur sind, im Sinne von seelischem Schmerz, nicht in diese Definition fallen (Kröner-Herwig, 2011). Der somatische Schmerz lässt sich wiederum in Komponenten unterteilen, nämlich in Nozizeption, Schmerzwahrnehmung, Leiden und Schmerzverhalten (Loeser & Melzack, 1999).

Bei der Komponente der Nozizeption werden Schmerzen über spezielle Rezeptoren, die Nozizeptoren, detektiert, die als freie Nervenendigungen aus den sensiblen Neuronen des Rückenmarks stammen und im schmerzempfindlichen Gewebe vorkommen, wo sie Reize von mechanischer, chemischer und thermischer Qualität aufnehmen (Brooks & Tracey, 2005; Loeser & Melzack, 1999). Diese afferenten Nervenfasern sind unterschiedlicher Beschaffenheit und dafür verantwortlich, nozizeptive Reize in der Peripherie aufzunehmen und zum Rückenmark zu leiten (Brooks & Tracey, 2005). Die Fasertypen werden nach Gasser (1941) als A $\alpha$ -, A $\beta$ -, A $\gamma$ -, A $\delta$ -, B- und C-Fasern bezeichnet, die sich in Vorkommen, Durchmesser und Reizleitungsgeschwindigkeit unterscheiden (Brooks & Tracey, 2005). Dabei sind vor allem A $\delta$ - und C-Fasern von Bedeutung, deren Unterschied insbesondere in ihrer Geschwindigkeit liegt (Brooks & Tracey, 2005; Loeser & Melzack, 1999; Madsen, Johnson, Fuglsang-Frederiksen,

Jensen & Finnerup, 2012). A $\delta$ -Fasern sind dünne Fasern, die sich in der Haut befinden und myelinisiert sind, wodurch ihre Erregungsleitung schneller abläuft, sodass sie für die schnelle Weiterleitung von Schmerzen, meist von stechender Qualität, verantwortlich sind (Brooks & Tracey, 2005; Madsen, Johnson, Fuglsang-Frederiksen, Jensen & Finnerup, 2012). Die postganglionären C-Fasern sind aufgrund der fehlenden Myelinschicht nur zu langsamer Schmerzleitung fähig und meist mit dumpfem Schmerz assoziiert (Brooks & Tracey, 2005; Madsen, Johnson, Fuglsang-Frederiksen, Jensen & Finnerup, 2012). Über die aufsteigende Schmerzbahn wird der Schmerzreiz dann in Regionen des Gehirns weitergeleitet, wo er bewusst verarbeitet wird (Dobek, Beynon, Bosman & Stroman, 2014; Rahm et al., 2015).

Hiermit wird auch die nächste Komponente des Schmerzes angesprochen, nämlich die der Schmerzwahrnehmung. Die bewusste Wahrnehmung läuft im Thalamus ab, der starke Verbindungen zur Großhirnrinde, dem Cortex cerebri, aufweist (Bernatzky, Presch, Anderson & Panksepp, 2011; Brooks & Tracey, 2005). Bewusst gemachte Schmerzreize werden in die relevanten Regionen des Cortex cerebri weitergeleitet, wie den somatosensorischen Cortex und die Insula (Rahm et al., 2015). Außerdem aktivieren Schmerzreize den Sympathikus als Teil des autonomen Nervensystems, wodurch es zusätzlich zu physiologischen Reaktionen kommt (Schlereth & Birklein, 2008). Von der Weiterleitung über Thalamus und Cortex, kommen die Schmerzreize schließlich im limbischen System an, wo sie emotional bewertet werden, wobei insbesondere der Gyrus cinguli und die Amygdala von Bedeutung sind (Rahm et al., 2015; Schlereth & Birklein, 2008).

Auf die Wahrnehmung von Schmerz folgt, je nach Intensität der Wahrnehmung, die Komponente des Leidens (Loeser & Melzack, 1999). Da sich die emotionale Bewertung individuell stark unterscheiden kann, fällt auch das Ausmaß des verursachten Leidens entsprechend variabel aus (Loeser & Melzack, 1999). Dabei ist zu beachten, dass dieses nicht immer ausschließlich durch Schmerz induziert sein muss, da es ebenso psychisch induziert sein kann durch Empfindungen wie zum Beispiel Angst oder Stress (Schlereth & Birklein, 2008). Die Schmerzdefinition schließt allerdings nur das Leiden mit ein, das mit somatisch manifestiertem Schmerz wahrgenommen wird, sodass Leiden aufgrund von psychischem Schmerz hier nicht miteinbezogen wird.

Als letzte Komponente kommt das Schmerzverhalten dazu, welches alle Verhaltensweisen umfasst, die mit dem Erleben von Schmerzen zusammenhängen (Kröner-Herwig, 2014; Loeser & Melzack, 1999). Konkreter sind damit Verhaltensweisen wie unter anderem die Einnahme von Schonhaltungen, schmerzverzerrtes Grimassieren, sich Hinlegen oder die verbale Äußerung von Schmerzen gemeint (Loeser & Melzack, 1999). Diese Verhaltensweisen sind

durch andere beobachtbar und mit ihrer Hilfe konnten über die Erforschung von Schmerz im Laufe der Zeit Erkenntnisse über das Leiden, die Wahrnehmung von Schmerz und die Nozizeption gewonnen werden (Basler, H. D., 2011; Loeser & Melzack, 1999).

Neben den Komponenten von Schmerz spielen auch die Arten von Schmerz eine wesentliche Rolle. Zunächst ist der flüchtige Schmerz zu erwähnen, der kurzzeitig eintritt und nicht mit Gewebsschädigung einhergeht (Loeser & Melzack, 1999). Diese Art von Schmerz ist der häufigste, da er im täglichen Leben vorkommt und in der Regel keine relevanten Auswirkungen mit sich bringt. Dieser Schmerz lässt nach, wenn seine Ursache wieder verschwindet (Loeser & Melzack, 1999).

Der akute Schmerz ist eine weitere Form und geht mit der Schädigung von Gewebe einher (Carr & Goudas, 1999; Loeser & Melzack, 1999). Dabei klingt der akute Schmerz mit der Zeit ab und das deutlich vor Abschluss des Heilungsprozesses und bildet die häufigste Ursache für das Aufsuchen medizinischer Hilfsmittel (Carr & Goudas, 1999; Loeser & Melzack, 1999).

Die letzte Art von Schmerz ist der chronische Schmerz, der meist durch eine Verletzung oder Erkrankung entsteht, wobei seine Aufrechterhaltung häufig durch andere Faktoren begünstigt wird (Kröner-Herwig, 2011; Loeser & Melzack, 1999). Bei chronischem Schmerz ist nicht zwingend eine Nozizeption und damit Gewebsschädigung erforderlich, sodass analgetische Medikamente in solchen Fällen geringere Wirkung zeigen (Loeser & Melzack, 1999). Abhängig von dem zugrunde liegenden Schaden können die chronischen Schmerzen auch stärker werden als die ursprüngliche Schädigung und damit einhergehend können ebenso zusätzliche neue Symptome in anderen Körperregionen auftreten (Kröner-Herwig, 2011; Loeser & Melzack, 1999). Beispiele für chronische Schmerzen sind Neuralgien oder Rückenschmerzen. Der ausschlaggebende Punkt für die Unterscheidung von akutem und chronischem Schmerz ist nicht allein das Andauern des Schmerzes, sondern das Unvermögen des Körpers den ursprünglichen physiologischen Zustand wiederherzustellen (Loeser & Melzack, 1999). Wenn akuter Schmerz mit der Zeit einen Schaden erreicht, der einen solchen Regenerationsprozess nicht mehr ermöglicht, kann er in chronischen Schmerz übergehen (Loeser & Melzack, 1999). Mit diesem persistierenden Schmerz geht auch der Verlust der Warnfunktion des Schmerzes einher, die eigentlich eine wichtige Schutzfunktion bildet (Kröner-Herwig, 2011). Da außerdem chronische Schmerzen nicht nur mit Gewebsschädigung zusammenhängen, sondern auch mit affektiven Komponenten und Umwelteinflüssen, können Schmerzmittel diese Schmerzen nicht dauerhaft beseitigen, sodass auch andere Formen von Therapien notwendig werden.

Während der Schmerz als solcher registriert wird, setzt er damit weitere physiologische Reaktionen im Körper in Gang, indem er mit dem autonomen Nervensystem, bestehend aus Sympathikus und Parasympathikus, interagiert (Schlereth & Birklein, 2008). Die Art der Interaktion kann dabei unterschiedlich verlaufen und hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zunächst aktiviert der Schmerzreiz als Stressor das sympathische Nervensystem. Diese Aktivierung kann zwar im üblichen Fall dazu führen, dass der Sympathikus wiederum den Schmerz unterdrückt oder aber in einem pathologischen Fall, wie bei chronischem Schmerz, verstärkt (Schlereth & Birklein, 2008). Zustände wie Angst können auch eine wesentliche Rolle in der Modulation von Schmerz spielen. Eine unmittelbare Bedrohung reduziert in der Regel den Schmerz, während langanhaltende Ängste oder Besorgnisse das Schmerzerleben jedoch verstärken können (Schlereth & Birklein, 2008). Äußere Einflüsse können damit zusätzlich schmerzserhaltende Effekte mit sich bringen, aber auch zur Schmerzreduktion verhelfen.

Es zeigt sich, dass Schmerz ein komplexes Konstrukt ist, das über die bloße Weiterleitung von Reizen hinausgeht. Insbesondere die emotional besetzte Wahrnehmung und Bewertung zeichnen Schmerz als eine vor allem subjektive Empfindung aus. Dadurch, dass Schmerz viele Komponenten beinhaltet, können Behandlungsansätze, die seine multifaktorielle Genese berücksichtigen, bei der Schmerzreduktion helfen.

## 1.2. Behandlung von Schmerzen

Was die Therapie von Schmerzen angeht, ist die Unterscheidung, ob es sich um akuten oder chronischen Schmerz handelt, von entscheidender Bedeutung. Während akute Schmerzen oft geeignet behandelt werden können, gestaltet sich die Therapiefindung für chronische Schmerzen umso schwieriger (Kröner-Herwig, 2011; Loeser & Melzack, 1999).

Die konventionellen Maßnahmen erweisen sich bei chronischen Schmerzen in vielen Fällen nur wenig hilfreich. Zunächst besteht eine Problematik in der langfristigen Gabe von schmerzreduzierenden Medikamenten, den Analgetika. Ihre Wirkung ist bei chronischen Schmerzen oft unzureichend, da sie die Ursachen nicht zu beheben vermögen. Im Gegenteil kann eine langfristige Einnahme zu gesundheitlichen Verschlechterungen führen (Kouyanou, Pither & Wessely, 1997). So kann es dazu kommen, dass ein Suchtpotenzial zum Medikament entwickelt wird, wie im Fall von Opioiden (Kouyanou, Pither & Wessely, 1997). Außerdem kann es zu sekundären Schmerzerscheinungen kommen wie beispielsweise im Fall der Migräne, wo die Einnahme der Medikamente nach einiger Zeit zu medikamenteninduzierten Kopfschmerzen führen kann (Kröner-Herwig, 2011). Wenn medikamentöse Therapien nicht ausreichen, werden aus medizinischer Sicht operative Maßnahmen ins Auge gefasst (Kröner-

Herwig, 2011). Diese Methoden können sich als schwierig erweisen, da eben die konkrete Ursache des Schmerzes oft nicht eindeutig klar ist (Kröner-Herwig, 2011). Wenn dies der Fall ist, bleibt ein operativer Eingriff häufig ohne Erfolg. Außerdem geht eine Operation stets damit einher, dass sie risikobehaftet ist und auch gesundes Gewebe kurzzeitig schädigt. Dabei kann es auch dazu kommen, dass Nerven zusätzlich verletzt werden (Kröner-Herwig, 2011). Es kann also sein, dass es nicht nur dazu kommt, dass sich die Schmerzsymptomatik nicht verbessert, sondern sogar verschlimmert (Kröner-Herwig & Frettlöh, 2011). Iatrogene Schädigungen und verstärkte Symptome stellen dadurch ein großes Risiko in der Behandlung komplexer chronischer Schmerzen dar. Wenn diese Maßnahmen scheitern oder nicht in Frage kommen, wird nicht selten auf Medikamente wie Antidepressiva zurückgegriffen, die dann nicht mehr den Schmerz an sich behandeln, sondern die dadurch entstehende depressive Verstimmung, was wiederum zu einer medikamentösen Abhängigkeit führen kann (Kröner-Herwig & Frettlöh, 2011).

Weitere Maßnahmen bestehen in der passiven physikalischen Therapie, u.a. im Sinne von Bädern, Wärmebehandlungen oder Massagen, und in der aktiven Physiotherapie, die insbesondere in Kombination mit anderen Maßnahmen im Rahmen einer interdisziplinären Behandlung die effektivste Wirkung zeigen (Kröner-Herwig & Frettlöh, 2011). Dies zeigt also, dass der Fokus auf nur eine therapeutische Maßnahme allein oft nicht ausreicht, um ein gewünschtes Ergebnis zu erreichen.

Wenn man sich vor Augen hält, welche Komponenten der Schmerz umfasst, wird deutlich, dass die bisher erwähnten Behandlungen vor allem auf die Nozizeption und die Wahrnehmung von Schmerz abzielen. Betrachtet man aber zusätzlich das durch Schmerz induzierte Leiden und das Schmerzverhalten, wird ersichtlich, dass emotionale und behavioristische Aspekte eine weitere Rolle spielen. Entsprechend ist es nötig, bei Schmerzen von der einseitigen somatischen, medizinisch basierten Behandlung abzurücken und das Behandlungskonzept zu erweitern. Verfahren, die psychische Aspekte miteinbeziehen und das Wahrnehmen und Erleben von Schmerz, sowie das dadurch resultierende Verhalten beeinflussen, rücken dabei in den Vordergrund. Im Rahmen psychologischer und psychotherapeutischer Verfahren haben sich somit Methoden wie die der kognitiven Verhaltenstherapie, Relaxationstechniken, Biofeedback und hypnotische Techniken bewährt gemacht, wobei es auch dort darauf ankommt, wie die einzelnen Maßnahmen in das therapeutische Gesamtkonzept eingebaut sind (Kröner-Herwig & Frettlöh, 2011).

Im Kontext der Schmerzbehandlung erweist sich somit ein interdisziplinär orientierter Ansatz als Schlüsselbegriff. Diese Interdisziplinarität, die die Behandlung von Schmerzen daher in

häufigen Fällen notwendig macht, hat zur Folge, dass sich weitere unterschiedliche Disziplinen mit diesem Thema auseinandersetzen. Darunter befindet sich auch die Musiktherapie, um die es im späteren Verlauf gehen soll. Die Musik stellt einen Reiz dar, der ebenso wie Schmerz physiologisch und affektiv verarbeitet wird. Werden unterschiedliche Reize zeitgleich wahrgenommen, ist der Fokus auf einen bestimmten Reiz davon abhängig, inwieweit er die Aufmerksamkeit auf sich ziehen kann, wobei das Arousal eine Rolle spielt.

### 1.3. Arousal

Ein wichtiger Aspekt, der bei der Wahrnehmung von Reizen nicht zu vernachlässigen ist, ist das sogenannte Arousal. Dieser Begriff bezeichnet im Allgemeinen eine Anregung oder Aktivierung und lässt sich im physiologischen, wie auch im psychologischen Kontext verstehen (Lee, Necka & Atlas, 2020). Genauer gesagt geht es dabei um das Ausmaß der Aktivierung des zentralen Nervensystems, was sich in einem Zustand der Wachheit oder Reaktionsbereitschaft äußert (Lee, Necka & Atlas, 2020). Obwohl es sich dabei auf den ersten Blick um physiologische Vorgänge handelt, wird es auch affektiv wahrgenommen.

Die Aktivierung des zentralen Nervensystems hat wiederum Auswirkungen auf das autonome Nervensystem, zu dem das sympathische und parasympathische Nervensystem als Antagonisten zählen (Botha et al., 2015; Ellis & Thayer, 2010). Dies geschieht dadurch, dass das sympathische Nervensystem, welches nach dem sogenannten „Fight-or-Flight“-Prinzip funktioniert, durch einen affektiven Reiz aktiviert wird, während die parasympathische Aktivität im Gegensatz dazu geringer wird (Nahman-Averbuch et al., 2016). Die Aktivierung des sympathischen Nervensystems führt weiter zu physiologischen Reaktionen, wozu unter anderem eine erhöhte Schweißabsonderung gehört, die in einem Absinken des elektrischen Hautleitwiderstandes und damit einer Erhöhung der Hautleitfähigkeit, der elektrodermalen Aktivität (EDA), resultiert (Khalfa, Isabelle, Jean-Pierre & Manon, 2002). Eine der relevantesten Reaktionen des parasympathischen Nervensystems ist dagegen die Abnahme der Herzfrequenz, die die Anzahl der Herzschläge pro Minute angibt (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Diese beiden Parameter zählen zu den für gewöhnlich verwendeten Indikatoren, wenn es darum geht, Rückschlüsse auf das autonome Nervensystem zu ziehen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Ein Arousal würde also typischerweise mit erhöhter EDA und verringerter Herzrate einhergehen, sodass die EDA häufig als Repräsentant des sympathischen Nervensystems fungiert (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019).

Arousal findet nicht nur physiologisch statt, sondern wird wie bereits erwähnt auch subjektiv und affektiv wahrgenommen. Das physiologische Arousal kann zwar das subjektiv wahrgenommene Arousal gewissermaßen spiegeln, aber es kann auch in eine andere Richtung gehen (Verheul, Finset, Holt, Stensrud & Bensing, 2011). Das subjektiv wahrgenommene Arousal selbst hat als solches keine emotionale Komponente, aber die daraus resultierende affektive Bewertung macht letztlich die Fokussierung auf einen Reiz durch das Arousal aus (Lee, Necka & Atlas, 2020). Da für die sympathische Aktivierung für gewöhnlich ein Stimulus mit affektiver Eigenschaft als Auslöser fungiert, bestimmt der Grad der Aufmerksamkeit auf den jeweiligen Stimulus auch dessen Wahrnehmung (Lee, Necka & Atlas, 2020). Daher ist es möglich, einen affektiv besetzten Stimulus bewusst einzusetzen, um das Arousal zu beeinflussen (Lee, Necka & Atlas, 2020). Reize treten für gewöhnlich nicht allein auf, sodass eine Differenzierung notwendig ist, die den als am relevantesten befundenen Reiz in den Fokus stellt. Schmerz stellt einen Reiz dar, der oft in den Fokus gerät, da er eine überlebensnotwendige Warnfunktion besitzt (Kröner-Herwig, 2011; Lee, Necka & Atlas, 2020). Allerdings kann diese wichtige Funktion wegfallen, wenn er beispielsweise chronifiziert und dadurch anhaltend ist (Kröner-Herwig, 2011). In so einem Fall ist sein eigentlicher Nutzen zwar nicht mehr vorhanden, aber der unangenehme Reiz und ein unter Umständen entsprechend hohes Arousal bestehen womöglich weiterhin.

Schmerz besitzt eine emotionale Komponente und ist daher ein Beispiel für einen emotional negativ besetzten Stimulus, ebenso wie Zustände von Angst oder auch Stress (Ellis & Thayer, 2010; Ellis, Koenig, & Thayer, 2012). Solche Erregungszustände gehen häufig mit einem hohen Arousal einher, während ein besonders niedriges Arousal in einem entspannten Zustand vorliegt, allen voran im Schlaf (Lee, Necka & Atlas, 2020; Russell, 1980). Ein Arousal kann jedoch auch bei einem nicht emotional negativ besetzten Reiz höher ausfallen, denn emotional positiv besetzte und im Allgemeinen aktivierende Reize können ebenso ein hohes Arousal produzieren (Lundqvist, Carlsson, Hilmersson & Juslin, 2009). Wenn also ein Arousal durch einen positiv besetzten Reiz im Vergleich zum Schmerzreiz mehr in den Vordergrund tritt und es somit neben dem Schmerz durch andere Stimuli modifiziert wird, kann dies mit einer Schmerzreduktion assoziiert sein (Guétin et al., 2016; Lee, Necka & Atlas, 2020). Diese veränderte Reizwahrnehmung würde sich dann sowohl psychisch als auch physiologisch bemerkbar machen.

#### 1.4. Elektrodermale Aktivität (EDA)

Besonders die EDA findet typischerweise Verwendung in der Untersuchung von physiologischem Arousal (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Die EDA wurde ursprünglich als galvanische Hautreaktion (*galvanic skin response*, GSR) bezeichnet, was mittlerweile ein veralteter Begriff ist (Boucsein, 1988; Boucsein et al., 2012).

Sie wird in tonische und phasische Anteile der Hautleitfähigkeit unterteilt (Boucsein, 1988; Boucsein et al., 2012). Das Niveau der Hautleitfähigkeit, der Hautleitwert, wird als *skin conductance level* (SCL) bezeichnet und bildet den tonischen Anteil (Boucsein, 1988). Den phasischen Anteil bildet die reaktive Leitfähigkeit, die *skin conductance response* (SCR), die als Reaktion auf einen einzelnen Stimulus auftritt und sich im Gegensatz zum SCL schnell verändert (Boucsein, 1988). Die Hautleitfähigkeit nimmt zu, wenn der Widerstand absinkt, womit sie der Kehrwert des elektrischen Hautleitwiderstandes ist (Boucsein, 1988). Die Leitfähigkeit wird in der SI-Einheit Siemens angegeben, da aber Werte über 1 S physiologisch nicht auftreten, wird die EDA in Mikrosiemens gemessen (Boucsein, 1988).

Das SCL stellt einen besonders häufig verwendeten Parameter der EDA dar, da es aus der Aktivierung des sympathischen Nervensystems resultiert und dadurch als ein besonders zuverlässiger Parameter für dessen Messung gilt (Boucsein et al., 2012; Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Das SCL liegt für gewöhnlich in einem Bereich von weniger als 1  $\mu$ S bis zu 10  $\mu$ S (Boucsein et al., 2012). Der Wertbereich kann allerdings auch deutlich höher liegen, da die EDA und damit auch das SCL individuell sehr unterschiedlich ausfallen können (Boucsein, 1988). Die Messung der Hautleitfähigkeit kann auf endosomatischem oder exosomatischem Weg erfolgen, wobei die exosomatische Messung als aktueller Standard gilt (Boucsein et al., 2012). Die gängige exosomatische Messung erfolgt mittels zweier Elektroden, die an einer Handfläche, meist an zwei Fingern, befestigt werden, da sich dort – wie auch an den Fußsohlen – elektrische Potentialdifferenzen messen lassen (Boucsein et al., 2012). Die Basismethode läuft unter der Verwendung von Gleichstrom und besteht darin, dass an die Elektroden, die auch einen kleinen Widerstand beinhalten, eine geringe Spannung angelegt wird, etwa im Bereich von 0,5 V (Boucsein et al., 2012). Durch dieses Verfahren wird der elektrische Hautleitwiderstand gemessen und somit die Hautleitfähigkeit abgeleitet (Boucsein et al., 2012).

Bei dem Vergleich von SCL-Abschnitten verschiedener Personen ist aufgrund der individuellen Unterschiede zu beachten, dass nicht bloß die unterschiedlichen Wertebereich als solche zu vergleichen sind. Das Ausmaß der Veränderungen des SCL innerhalb einer Messstrecke ist bedeutsam, da diese Veränderungen dann interpersonell verglichen werden können.

Über die Untersuchung solcher Veränderungen lassen sich entsprechend Rückschlüsse auf die sympathische Aktivität ziehen. Da die sympathische Aktivierung ausschlaggebend für die EDA ist, sind affektstimulierte Zustände wie Schmerz, Stress, Angst oder Anregung typische Auslöser für Veränderungen des SCL (Ellis & Thayer, 2010; Liu & Du, 2018; Reinhardt, Schmahl, Wüst & Bohus, 2012). Solche Zustände lassen sich durch entsprechende Reize beeinflussen und herbeiführen. So kann Musik als Reiz affektstimulierend wirken und über das Auslösen eines Arousals die EDA beeinflussen.

### 1.5. Musik und Schmerz

Wahrgenommene Musik hat verschiedene Einflüsse auf den Menschen auf affektiver und somatischer Ebene. Einer der maßgeblich motivierenden Gründe dafür, sich mit Musik zu beschäftigen, liegt in ihrer Wirkung auf die Stimmungs- und Gefühlslage (Freitas, Manzato, Burini, Taylor, Lerch & Anagnostou, 2018; Vaajoki, Pietilä, Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2012). Wie zu Beginn erwähnt kann Musik Emotionen beeinflussen und hervorrufen (Khalfa, Isabelle, Jean-Pierre & Manon, 2002). Die emotionale Antwort auf das Hören von Musik kann durch verschiedene Eigenschaften von Musik ausgelöst werden, wobei intrinsische von extrinsischen Eigenschaften unterschieden werden können (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019; van Goethem & Sloboda, 2011). Als intrinsische Eigenschaften werden solche bezeichnet, die direkt von der Musik stammen, wie beispielsweise ihr Tempo oder ihre Stimmungsmodalität, während extrinsische Eigenschaften auf der Assoziation mit der gehörten Musik basieren, die aus der persönlichen Erfahrung oder dem situativen Kontext hervorgehen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019; van Goethem & Sloboda, 2011). Entsprechend kommt es beim Hören von Musik auch zu somatischen Veränderungen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Zu den relevantesten durch Musik beeinflussbaren neurophysiologischen Aspekten zählen die Herzrate und die EDA, die wie zuvor erwähnt Indikatoren für das autonome Nervensystem darstellen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Musik stellt damit ein weiteres Beispiel für einen Reiz dar, der ein Arousal hervorrufen kann.

Der Einfluss der Musik auf Gefühle und Stimmung hängt mit ihrem subjektiv wahrgenommenen Arousal zusammen, wodurch physiologische Reaktionen hervorgerufen werden (Khalfa, Isabelle, Jean-Pierre & Manon, 2002). Dabei ist allerdings zunächst zu beachten, dass ein durch Musik ausgelöstes Arousal, ob physiologisch oder affektiv, erstmal nicht für eine positiv oder negativ besetzte Emotion steht, sondern lediglich als eine Form der Erregung zu verstehen ist (Lee, Necka & Atlas, 2020). Russell (1980) beschreibt in der

Dimension des Arousals den Schlaf als Gegenpol, also den Zustand, in dem kein Arousal vorhanden ist. Bezogen auf den anregenden Effekt, den Musik im Sinne des Arousals bewirken kann, lässt sich bei hohem Arousal von energetisierend oder aktivierend sprechen, während Musik, die gar kein Arousal auslöst, üblicherweise als entspannend bewertet wird (Guétin et al., 2016; Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Diese Dimension für Musik geht demnach von entspannend bis energetisierend. Ein hohes Arousal könnte zwar positiv zu bewerten sein, indem Musik als aufweckend und stimmungsaufhellend empfunden wird, aber es könnte umgekehrt ebenso bedeuten, dass das Arousal dadurch kommt, dass die Musik als störend und im negativen Sinne aufregend wahrgenommen wird.

In der emotionalen Bewertung der Musik kommt der Dimension des Arousals die Dimension der Valenz hinzu, die eine affektbehaftete Komponente darstellt (Daly et al., 2015). Diese Dimension lässt sich kontinuierlich von traurig bis fröhlich einteilen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Die emotionale Antwort auf Musik wird laut Livingstone und Thompson (2009) anhand der beiden genannten Dimensionen gebildet.

Eine Studie von Lundqvist, Carlsson, Hilmersson und Juslin (2009) hat ergeben, dass das SCL bei Musik mit fröhlichen Eigenschaften höher ausfällt und dagegen bei Musik, die als trauriger wahrgenommen wird, im niedrigeren Bereich liegt. Fröhliche Eigenschaften werden unter anderem durch ein höheres Tempo der Musik geschaffen, das mit höheren Werten im SCL zusammenhängt (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Der Rhythmus der Musik spielt ebenso eine Rolle, da physiologische Reaktionen eine Tendenz dazu zeigen, rhythmische Muster nachzuahmen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Auch die Intensität durch die Lautstärke und Tonalität der Musik können das Arousal beeinflussen (Dean, Bailes & Schubert, 2011).

Ein weiterer Effekt, den Musik auslösen kann und der mit dem Arousal zusammenhängt, sind sogenannte *chills*, die als Gänsehaut zu verstehen sind (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Treten *chills* in Zusammenhang mit Tränen auf, werden sie häufiger mit trauriger Musik in Verbindung gebracht und zeigen in der Regel ein erhöhtes SCL sowie ein erhöhtes subjektiv wahrgenommenes Arousal (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Damit zeigt sich, dass traurige Musik, die eigentlich mit einem entspannenden Effekt und daher mit geringerem Arousal und mit erniedrigtem SCL assoziiert ist, im Falle von *chills* auch dazu tendieren kann, ein höheres subjektiv wahrgenommenes Arousal und erhöhtes SCL zu produzieren. Dies zeigt, dass eine bloße Einteilung in fröhliche und traurige Eigenschaften von Musik nicht allein ausreicht, um Musik eindeutig einem bestimmten erwünschten Effekt zuzuordnen.

Zusätzlich kommt hinzu, ob die Musik gemocht wird oder nicht (Hargreaves & North, 2010). Dieser Umstand kommt letztlich durch persönliche Einstellungen der musikhörenden Person zustande, sodass nicht behauptet werden kann, dass beispielsweise ein hohes Arousal bei fröhlicher Musik zwangsläufig bedeutet, dass die Musik gemocht wird. Wie zuvor erwähnt besitzt das Arousal an sich als solches keine emotionale Komponente, sondern bildet neben der Valenz eine der Dimensionen zur Bildung der affektiven Antwort auf die Musik. Zusätzlich haben die ästhetischen Eigenschaften der Musik, wie auch die persönlichen Präferenzen und Erfahrungen der rezipierenden Person einen entscheidenden Einfluss auf die Wahrnehmung und Wirkung der Musik (Hargreaves & North, 2010; Park et al., 2013).

Die Wahrnehmung der Musik und letztlich ihre ausgelöste Wirkung werden neurobiologisch in verschiedenen Regionen des Gehirns verarbeitet (Park et al., 2013). Da Musik in starker Verbindung mit Emotionsinduktion steht, ist das limbische System, das für emotionale und Gedächtnisprozesse mitverantwortlich ist, an ihrer Verarbeitung vorrangig beteiligt (Park et al., 2013). Die am stärksten durch Musik induzierten Emotionen sind Freude, Traurigkeit und Angst, die zu den Basisemotionen zählen und über unterschiedliche Wege verarbeitet werden (Park et al., 2013). Freude wird im vorderen Teil des Gyrus cinguli, im Striatum, im Gyrus hippocampalis und dem auditiven Cortex verarbeitet (Park et al., 2013). Traurigkeit wird in der Amygdala, dem Gyrus frontalis superior und anterior sowie posterior, dem Hippocampus und dem Gyrus parahippocampalis prozessiert (Park et al., 2013). Die Verarbeitung von Angst findet ebenfalls in der Amygdala sowie im vorderen Teil des Temporallappens statt (Park et al., 2013). Der insuläre Cortex wird vor allem in Verbindung gebracht mit der Repräsentation von Musik sowie ihrer Analyse von musikalischer Bedeutung und Strukturen wie Rhythmus und Tempo (Park et al., 2013). Dies bedeutet allerdings nicht, dass dieselbe Musik stets gleichermaßen von einem Individuum verarbeitet wird, da sich extrinsische Faktoren mit der Zeit auch verändern können. Da das limbische System nicht nur für emotionale Verarbeitung, sondern auch für Lern- und Gedächtnisprozesse zuständig ist (Park et al., 2013), sind auch die Gedächtnisprozesse im Hinblick auf Musik nicht zu vernachlässigen. Ob die Musik der rezipierenden Person bekannt ist oder nicht, ist ein wichtiger Aspekt ihrer emotionalen Verarbeitung (Freitas, Manzato, Burini, Taylor, Lerch & Anagnostou, 2018). Bekannte Musik ist in der Erinnerung verankert und mit emotionalen Kontexten verbunden, wodurch ihr Hören bestehende Schemata aktiviert (Juslin & Västfjäll, 2008; Schubert, 1996). Diese extrinsische Eigenschaft hinsichtlich der Musik trägt damit ebenso einen Teil zu ihrer Wirkung bei. Musik zeigt sich damit auch als kontextabhängig, sodass es sein kann, dass dieselbe Musik in unterschiedlichen Situationen auch unterschiedlich präferiert werden kann.

Zwar wird hieraus ersichtlich, dass die Wirkung von Musik nicht eindeutig zu steuern ist, da zahlreiche individuelle Faktoren mitspielen, dennoch wird auch deutlich, dass Musik einen nicht zu vernachlässigenden Effekt hat. Die Ausführungen zeigen, dass Musik in der Lage ist ein spürbares Arousal auf physischer sowie psychischer Ebene auszulösen. Diese deutliche Präsenz verschafft der Musik die Möglichkeit mit anderen zeitgleich bestehenden Reizen in eine Art Konkurrenz zu treten, wenn es darum geht, welcher Reiz im Fokus steht. Dieser Umstand kann sich ebenso auf die Wahrnehmung von Schmerz auswirken. Die emotionale Komponente von Schmerz ist für die Wahrnehmung seiner Intensität, wie auch für sein Andauern mitverantwortlich (Loeser & Melzack, 1999). Bei der Verarbeitung von Schmerz und Musik sind insbesondere durch die emotionale Verknüpfung teils dieselben Bereiche involviert, allen voran das limbische System mit der Amygdala und dem insulären Cortex (Park et al., 2013; Schlereth & Birklein, 2008). Außerdem ist Schmerz ebenso einer der Erregungszustände, der im Körper ein physiologisches Arousal auslöst. Das Arousal wird also einerseits subjektiv wahrgenommen und bewertet und außerdem somatisch bemerkbar, indem es sich unter anderem in einem veränderten SCL äußert. Zusammengefasst kann das Arousal in beiden Fällen, also sowohl von Schmerz als auch von Musik, beeinflusst werden. Dies würde bedeuten, dass mit einem gezielten Einsatz von Musik dem Schmerz entgegenzuwirken wäre. Es lässt sich daher annehmen, dass das durch Musik ausgelöste, subjektiv wahrgenommene Arousal und ihr physiologisches Arousal in der Lage sein können, das durch Schmerz entstandene Arousal zu unterdrücken.

Es existieren bereits Erkenntnisse aus Studien, in denen ein bestehender Zusammenhang zwischen Musikinterventionen und geringerem Schmerzerleben hinsichtlich seiner Intensität bestätigt wird (Gutgsell et al., 2013; Vaajoki, Pietilä, Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2012). Ein allgemeiner Effekt von Musik, der im Hervorrufen von Wohlbefinden liegt, das sich positiv auf Heilung auswirken kann, kann dafür verantwortlich sein (Vaajoki, Pietilä, Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2012). Dies kann auf die Eigenschaft der Musik zurückzuführen sein, die sie zur Regulation von Stimmung und Gefühlen befähigt (Khalfa, Isabelle, Jean-Pierre & Manon, 2002).

Im Hinblick auf die Eigenschaften der Musik, die sich positiv auf die Reduktion von Schmerz auswirken sollen, wird auch ihre Frequenz untersucht (Naghdi, Ahonen, Macario & Bartel, 2015). Die Frequenz der Musik kann ebenfalls einen Einfluss auf physiologische Veränderungen haben und soll laut einer Studie an Ratten von Akiyama und Sutoo (2011) unter anderem Auswirkungen auf den Blutdruck haben. Hinsichtlich der Schmerzreduktion wird angenommen, dass Modulationen von Schallwellen im niedrigeren Frequenzbereich positive

Auswirkungen zur Folge haben können (Naghdi, Ahonen, Macario & Bartel, 2015). Die Idee hinter der Modulation besteht darin, dass frequenzmodulierte Schallwellen – deren Frequenz im Verlauf der Interventionen gesteigert wird – über das Gehör eine Stimulation des Sympathikus fördern, was zu einem Gefühl von Wohlbefinden und Sicherheit führen soll, wobei jedoch die Frequenzmodulation bisher eine eher neu untersuchte Methode darstellt, wenn auch erste Untersuchungen von positiven Ergebnissen berichten (Olbrich, Conrady & Olbrich 2015).

Wie bereits beschrieben, bringt Musik sowohl beruhigende als auch anregende Eigenschaften mit sich (Tsai, Yang, Chen, Chen & Liang, 2015). In jedem Fall stellt sie einen Reiz dar, der Aufmerksamkeit auf sich ziehen kann, sodass mögliche Ursachen für den positiven Effekt von Musik auf das Schmerzerleben einerseits durch einen entspannenden Effekt von Musik sowie andererseits durch die von Musik erzeugte Ablenkung zu Stande kommen können (Guétin et al., 2016). Während sich entspannende Musik im therapeutischen Einsatz etablieren konnte, da sie durch ihren beruhigenden Effekt Schmerz reduzieren soll, bedarf der Effekt von energetisierender Musik noch weiterer Untersuchung, um diese ebenfalls gezielt interventionell besser einsetzen zu können (Guétin et al., 2016). Da auch eine höhere Aktivität des sympathischen Nervensystems und wahrscheinlich auch erhöhtes subjektives Arousal Schmerzen unterdrücken können (Guétin et al., 2016; Schlereth & Birklein, 2008), könnte das durch energetisierende Musik ausgelöste Arousal der wahrgenommenen Schmerzintensität ebenso entgegenwirken wie entspannende Musik. Eine wesentliche Eigenschaft von Arousal durch energetisierende Musik, die zu Nutze gemacht werden kann, ist sein Einfluss in der Fokussierung von Reizen (Lee, Necka & Atlas, 2020). Die Überlegung hierzu besteht darin, dass wenn das wahrgenommene Arousal durch energetisierende Musik entsprechend hoch ist, dies physiologische Effekte nach sich zieht, die wiederum den physiologischen Effekten, die durch Schmerz ausgelöst sind, entgegenwirken und damit die Intensität des Schmerzes senken könnten. Wenn der physiologische Effekt der Musik wie unter anderem in ihrem Einfluss auf die EDA über den Zeitraum des Hörens der Musik hinausgeht, könnte dieses unter Umständen bestehende physiologische Arousal dazu beitragen, die Schwelle für die Wahrnehmung der Schmerzintensität heraufzusetzen, sodass Schmerz längerfristig weniger intensiv wahrgenommen wird. Damit würde der Einfluss des durch Musik ausgelösten, subjektiv wahrgenommenen Arousals auf den Schmerz durch die EDA mediiert werden. Wenn dies der Fall sein könnte, würde dies das Spektrum des gezielten Einsatzes von Musik im interventionellen Rahmen erweitern, sodass musiktherapeutische Methoden als Alternative zu konventionellen Therapien, die oftmals erfolglos bleiben, bestärkt werden könnten.

Die Behandlung von Schmerzen mit Musik geht auf eine lange Vergangenheit zurück, da ihre Effekte auf das Wohlbefinden und die Reduktion unangenehmen Erlebens bereits in frühen Kulturen erkannt wurden (Dobek, Beynon, Bosman & Stroman, 2014; Ellis, Koenig & Thayer, 2012 ; Yehuda, 2011). Der therapeutische Einsatz von Musik bietet verschiedene Möglichkeiten und Vorteile, was sicherlich unter anderem ihrem unterhaltenden Charakter zuzuschreiben ist. Ein Vorteil, den der Einsatz von Musik im therapeutischen Rahmen mit sich bringt, ist die Möglichkeit der individuellen Anpassung, sodass die Präferenzen der zu Behandelnden sowie der interventionelle Kontext miteinbezogen werden können (Daly et al., 2015; Gutsell et al., 2013). So ist es beispielsweise möglich musikbasierte Interventionen in Gruppen- oder Einzelsitzungen anzuwenden, die Teilnehmenden selbst Musik machen oder hören zu lassen oder mit selbst- oder fremdgewählter bzw. bekannter oder unbekannter Musik zu arbeiten (Gutsell et al., 2013; Smolen, Topp & Synger, 2002). Musik wird auch bereits begleitend im Rahmen von Methoden wie Muskelrelaxation oder autogenem Training verwendet, wobei sie einen zusätzlichen entspannenden Effekt bieten soll (Blanaru et al., 2012). Außerdem können sich die Teilnehmenden an musikbasierten Interventionen im Vergleich zu anderen therapeutischen Maßnahmen gegebenenfalls mehr in das Verfahren einbringen und die Richtung mitbestimmen, was ihnen auch zusätzlich mehr Kontrolle über ihre Behandlung gibt (Guétin et al., 2016). Musik kann alltäglich eingesetzt und auch ohne therapeutischen Kontext von Individuen zur eigenen Stimmungsregulation eingesetzt werden, da sie ablenken und beruhigen kann. Damit kann Musik Zuständen von Stress, Angst und Depression entgegenwirken (Linnemann, Ditzen, Strahler, Doerr, & Nater, 2015; Yang et al., 2016, Yehuda, 2011). Bezogen auf Schmerztherapie könnte Musik in entsprechenden Fällen eine Alternative für die pharmakologische Therapie darstellen, wenn diese mit einer langfristigen Anwendung und dadurch möglicherweise verstärkten Nebenwirkungen einhergeht. Die perioperative sowie postoperative Verwendung von Musik hat in einigen Studien bereits zeigen können, dass sie zu einer Schmerzreduktion beitragen konnte (Bernatzky, Strickner, Presch, Wendtner & Kullich, 2012; Chuang, Chen, Lee, Chen, Tu & Wu, 2018; Good et al., 2001; Vaajoki, Pietilä, Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2012).

Die Effekte von Musik im therapeutischen Bereich können vielversprechend sein, da ihr Einfluss auf das autonome Nervensystem und das Belohnungssystem zu Nutze gemacht werden kann, um den Einsatz medikamentöser Therapien zu reduzieren oder gar zu ersetzen, und sie darüber hinaus relativ nebenwirkungsfrei ist und gut in multimodale Therapiekonzepte eingebunden werden kann (Bernatzky, Presch, Anderson & Panksepp, 2011). Es ist allerdings wichtig die Effekte der Musik zunächst in einem kontrollierten Laborsetting an gesunden

Testpersonen zu untersuchen, um auszuschließen, dass es zu gravierenden, schädlichen und unvorhergesehenen Nebeneffekten durch Musikinterventionen kommen könnte. Daher wäre es unverantwortlich, noch nicht vollständig untersuchte Interventionsmethoden an Personen zu testen, die beispielsweise krankheitsbedingt unter Schmerzen leiden, wenn nicht sicher ausgeschlossen worden ist, dass sie keine Schäden davontragen.

### 1.6. Ziel der Untersuchung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schmerzen unterschiedlichen Ausmaßes im alltäglichen Leben stets vorkommen können, sodass die Frage nach ihrer effektiven Behandlung ein immerwährend aktuelles Thema darstellt. Die konventionelle, somatisch orientierte Therapie zeigt sich in vielen Fällen nicht als ausreichend, sodass interdisziplinäre Ansätze notwendig werden. Insbesondere im Hinblick auf die medikamentöse Therapie, die langfristig zu mehr Schäden führen kann, als dass sie sich als hilfreich erweist, sind Alternativen gesucht, mit denen sich Schmerzen behandeln lassen. Da die Wahrnehmung von Schmerz und seiner Intensität einen wesentlichen Aspekt im Wohlbefinden darstellt – insbesondere, wenn seine Genese unklar und daher schwer einzudämmen ist –, bildet die Beeinflussung der Schmerzwahrnehmung einen Ansatzpunkt für Interventionen. Einen wesentlichen Einfluss auf den Fokus, der dem Schmerz gewidmet wird, bewirkt das Arousal. Daher stellt die Beeinflussung des Arousals eine Möglichkeit dar, den Fokus auf die Schmerzwahrnehmung zu verringern. Das Arousal wird entsprechend subjektiv wahrgenommen und äußert sich auch körperlich. Musik kann ein Arousal hervorrufen und eignet sich daher als ein möglicher Stimulus, der dem Schmerzreiz entgegenwirken könnte. Da musiktherapeutische Maßnahmen zudem vielfältig eingesetzt und auch individuell angepasst werden können, bildet die Musiktherapie eine mögliche Alternative im Rahmen der Therapie von Schmerz. In dieser Untersuchung geht es daher darum, die Wirkung einer musikbasierten Intervention auf das Schmerzerleben zu untersuchen, indem der Zusammenhang des subjektiv wahrgenommenen Arousals durch Musik, der physiologischen Reaktion im Sinne der EDA und der Schmerzwahrnehmung exploriert wird.

## **2. Fragestellung und Hypothesen**

Diese Studie beschäftigt sich mit folgender Fragestellung:

Wie hängen das durch Musik ausgelöste, subjektiv wahrgenommene Arousal und die elektrodermale Aktivität während des Musikhörens, sowie die subjektive Schmerzwahrnehmung zusammen?

Folgende Hypothesen ergeben sich aus dieser Fragestellung:

H1: Je stärker das subjektiv wahrgenommene Arousal während des Musikhörens ist, desto höher ist die elektrodermale Aktivität während des Musikhörens.

H2: Es besteht ein Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommenem Arousal der Musik und der subjektiven Schmerzwahrnehmung.

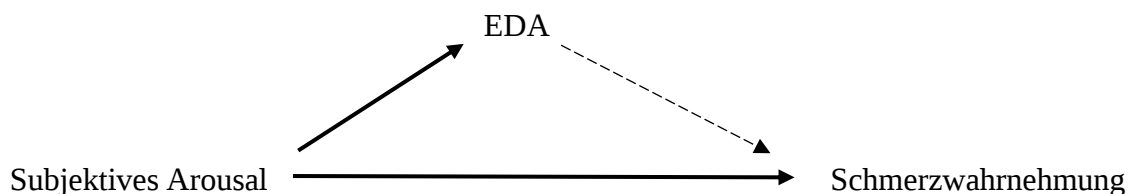
H2a: Es besteht ein Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommenem Arousal der Musik und der Schmerzintensität.

H2b: Es besteht ein Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommenem Arousal der Musik und der Schmerztoleranz.

H3: Der Effekt des subjektiv wahrgenommenen Arousal der Musik auf die Schmerzwahrnehmung wird durch elektrodermale Aktivität kurz vor einem Schmerzreiz mediiert.

H3a: Der Effekt des subjektiv wahrgenommenen Arousal der Musik auf die Schmerzintensität wird durch elektrodermale Aktivität kurz vor einem Schmerzreiz mediiert.

H3b: Der Effekt des subjektiv wahrgenommenen Arousal der Musik auf die Schmerztoleranz wird durch elektrodermale Aktivität kurz vor einem Schmerzreiz mediiert.



*Abbildung 1. Modell der Mediation von subjektiv wahrgenommenem Arousal über die EDA auf die Schmerzwahrnehmung. (Eigene Darstellung)*

### **3. Methode**

#### **3.1. Untersuchungsdesign**

Bei dieser Studie handelt es sich um eine experimentelle Untersuchung der Wirkung von Musikinterventionen, bei der die Testpersonen einer von drei Versuchsbedingungen randomisiert und kontrolliert zugeteilt werden. Die Untersuchung wird im Rahmen der Musikinterventionsstudie an der Universität Wien durchgeführt, die zuvor an der Universität Marburg begonnen wurde. Die unterschiedlichen Versuchsbedingungen ergeben sich aus der Art der Musik, die für die jeweiligen Musiksitzungen genutzt wird. Es wird zwischen fremdgewählter Musik, fremdgewählter frequenzmodulierter Musik und selbstgewählter Musik unterschieden. Fremdgewählt bedeutet, dass die Musik von Seiten der Versuchsleitung vorgegeben wird. Diese Musik ist für alle Testpersonen dieser Bedingung gleich. In der Bedingung der fremdgewählten frequenzmodulierten Musik wird dieselbe fremdgewählte Musik verwendet mit dem Unterschied, dass diese mit jeder Sitzung zunehmend in ihrer Frequenz verändert wird. In der Bedingung der selbstgewählten Musik bringen die Testpersonen ihre eigene Musik mit, die ohne Frequenzmodulation präsentiert wird wie in der erstgenannten Bedingung. Alle Testpersonen durchlaufen zehn einstündige Musikhörtermine, bei denen an vier Terminen, nämlich dem ersten, dritten, sechsten und zehnten Termin, zusätzlich ein Schmerzreiz gesetzt wird. Dieser Schmerzreiz wird durch den Cold Pressor Test (CPT) erzeugt, indem die Testperson ihre Hand so lange in kaltes Wasser hält, bis sie den Schmerz nicht mehr als erträglich empfindet. Zusätzlich werden an diesen Terminen biologische Parameter wie unter anderem die EDA miterfasst.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse aller drei Gruppen einbezogen, jedoch wurden sie als eine Gesamtgruppe ausgewertet, da ein Gruppenvergleich nicht angestrebt war. Dies lag auch daran, dass absehbar war, dass bis zu dem Zeitpunkt der Auswertung in der Wiener Kohorte pro Bedingung nicht genügend Testpersonen für einen sinnvollen Gruppenvergleich vorhanden sein würden.

Im Laufe der Auswertung sollte je nach Aussagekraft der Ergebnisse und dem Vorhandensein von Ausreißern entschieden werden, ob sich einige Testpersonen zusätzlich für Einzelfallanalysen eignen würden, um gegebenenfalls weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

### 3.2. Stichprobe

Für die Teilnahme mussten die potenziellen Testpersonen bestimmte Kriterien erfüllen. Diese bestanden u. a. darin, dass sie zwischen 18 und 35 Jahren alt sein mussten, keine chronischen und psychischen Erkrankungen hatten, keine dauerhafte Medikation einnahmen, keinen hormonellen Schwankungen unterlagen und zum Zeitpunkt vor der Teilnahme an der Studie (mindestens 14 Tage) sowie währenddessen keine Rauschmittel konsumierten.

Die Stichprobe der Wiener Kohorte umfasste zwölf Testpersonen im Alter von 20 bis 28 Jahren ( $M = 23,73$ ). Von diesen waren neun Personen Frauen (75 %) und drei Männer (25 %). Bei allen teilnehmenden Personen handelte es sich um Studierende aus Wien. Jeweils fünf Personen (41,67 %) waren den Bedingungen der fremdgewählten und der fremdgewählten frequenzmodulierten Musik zugeteilt und zwei Personen (16,67 %) der Bedingung der selbstgewählten Musik.

Für die Untersuchungen der Hypothesen wurde die Anzahl der Messungen der Testpersonen insgesamt verwendet. Da für die zentrale Fragestellung die Daten der EDA-Messungen unbedingt notwendig waren, konnten nur die Daten aus der Wiener Studie verwendet werden, weil in der Marburger Studie keine Aufzeichnung der EDA stattgefunden hat. Für die erste Hypothese wurde die Anzahl der Messungen der EDA zum Ende der Musik ( $n = 30$ ) und für die dritte die Anzahl der Messungen vor Beginn des CPT ( $n = 28$ ) verwendet. Aufgrund von teilweise fehlerhaften Aufzeichnungen der EDA fiel die Anzahl der Messungen geringer aus als erwartet, sodass bei den Testpersonen leider nur in wenigen Fällen vier vollständige Messungen vorlagen. Dies ist auch der Grund, warum für die Überprüfung der dritten Hypothese weniger Testungen geeignet waren als für die der ersten.

Da die zweite Hypothese die EDA nicht beinhaltet, wurden für ihre Untersuchung zusätzlich die Daten der Messungen aus der Marburger Kohorte dazu genommen ( $n = 91$ ). Damit kamen zwölf Testpersonen dazu, wodurch sich die Stichprobengröße erhöhte ( $N = 24$ ). Diese bestand aus 14 Frauen (58,33 %) und 10 Männern (41,67 %). Die Verteilung auf die Bedingungen umfasste bei fremdgewählter Musik acht Personen (33,33 %), bei fremdgewählter frequenzmodulierter Musik neun Personen (37,5 %) und bei selbstgewählter Musik sieben Personen (29,17 %). Bei den Marburger Testpersonen handelte es sich ebenfalls um Studierende. Für die Gesamtstichprobe bestehend aus der Wiener und Marburger Kohorte ging die Altersspanne von 20 bis 33 Jahren ( $M = 24,99$ ).

### 3.3. Operationalisierung:

Für alle Hypothesen wurden die Messungen aus den vier Musikhörterminen mit CPT herangezogen. Die zehn Musikhörtermine sind mit M1 bis M10 bezeichnet. Die vier Termine, an denen der CPT zum Einsatz kam, sind M1, M3, M6 und M10. Im Folgenden werden die einzelnen Messinstrumente, die in dieser Untersuchung zur Messung der jeweiligen Konstrukte verwendet wurden, erläutert.

#### Subjektiv wahrgenommenes Arousal:

Das subjektiv wahrgenommene Arousal durch Musik wird mittels einer visuellen Analogskala (VAS) in Millimetern erfasst. Das subjektive Empfinden des Arousals wird darin auf einer Skala visualisiert, die in Werte von 0 mm bis 100 mm überführt wird. Diese Skala ist als Dimension zu verstehen, die mit steigenden Werten von entspannend bis energetisierend reicht. Ein hohes Arousal spricht demnach dafür, dass die Musik als energetisierend wahrgenommen wurde, ein niedrigeres bedeutet, dass sie eher entspannend empfunden wurde. Ein Wert von 0 würde daher völlige Entspannung ohne jegliches Arousal bedeuten. Diese Skala wird im Anschluss an das einstündige Musikhören vorgelegt, sodass die Testpersonen ihren Eindruck direkt angeben. Sie ist Teil eines für diese Untersuchung erstellten Fragebogens mit dem Titel „Fragen zur Musik“, in dem der Hinweis, die persönliche Einschätzung auf der Skala zu markieren, mit „Die Musik war...“ eingeleitet wird. Die Abfragung mittels einer VAS gilt durch ihre leichte Verständlichkeit als ein bewährtes Verfahren (Schomacher, 2008).

#### Elektrodermale Aktivität (EDA):

Die EDA wird über Elektroden gemessen, die an den mittleren Gliedern von Zeige- und Mittelfinger der nichtdominanten Hand befestigt werden. Die Elektroden sind an ein Gerät (Equival-Gerät) angeschlossen, welches die EDA aufzeichnet. An den vier Terminen, an denen der CPT nach dem Musikhören durchgeführt wird, findet auch die EDA-Messung über den kompletten Verlauf der Sitzung statt. Der ausgewählte EDA-Parameter ist das SCL, das eines von vielen Parametern der EDA darstellt. Es wird als bewährter Parameter der EDA weitgehend für die Messung der Hautleitfähigkeit verwendet und gilt als Indikator des sympathischen Nervensystems, ohne vom Parasympathikus beeinflusst zu sein (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Im Folgenden wird daher auch weitgehend vom SCL stellvertretend für die EDA gesprochen.

Da das SCL innerhalb der betreffenden vier Termine über die gesamte Sitzung aufgezeichnet wird, werden mit dem Aufzeichnungsgerät vier Marker gesetzt: zu Beginn der Musik, am Ende

der Musik sowie unmittelbar vor und nach dem CPT. Dies ermöglicht eine Orientierung im SCL-Verlauf im Rahmen der Auswertung.

Für die Testung der ersten Hypothese werden von den 60 min der SCL-Messung während des Musikhörens die letzten 5 min untersucht. Dies liegt daran, dass das SCL in unmittelbarer Nähe zum kommenden Schmerzreiz von Interesse ist. Da außerdem das Arousal erst nach dem Musikhören bewertet wird und angenommen wird, dass Arousal und SCL zusammenhängen, wird angenommen, dass die SCL-Werte kurz vor Ende der Musik am ehesten mit dem subjektiv wahrgenommenen Arousal zusammenhängen, da sie sich in zeitlicher Nähe befinden. Ausgehend von dem Marker am Ende der Musiksitzung werden die letzten 5 min des SCL gemessen und das durchschnittliche SCL in Mikro-Siemens ermittelt. Die Wahl der Länge des Musikintervalls fällt in der Literatur unterschiedlich aus, liegt aber häufig in einem Bereich bis zu 10 min. Hier werden 5 min gewählt, da das SCL zum Ende der Musik benötigt wird und der Messabschnitt daher nicht zu lang sein sollte. Er sollte aber auch wiederum nicht zu kurz sein, da zum Ende der Musik auch Unruhen bestehen könnten, die nicht auf die Musik zurückzuführen sind, sich aber im SCL zeigen, sodass die unmittelbar letzten Minuten nicht ausreichend repräsentativ sein könnten.

Für die Überprüfung der dritten Hypothese wird das SCL aus den 30 s direkt vor dem Marker zu Beginn des CPT herangezogen, also unmittelbar vor Setzen des Schmerzreizes. Aus diesen 30 s wird ebenfalls der Mittelwert des SCL in Mikro-Siemens bestimmt.

#### Schmerzintensität:

Die Schmerzintensität bildet eine hier untersuchte Komponente der Schmerzwahrnehmung. Sie wird ebenso wie das Arousal mittels einer VAS in Millimetern ermittelt. Die Skala geht mit steigendem Schmerz entsprechend wieder von 0 mm bis 100 mm, wobei bei 0 mm wieder kein Schmerz vorliegt. Die Frage dazu lautet: „Haben Sie Schmerzen?“ Diese Skala wird im Laufe der Termine mit CPT insgesamt viermal vorgelegt und zwar vor und nach dem Musikhören und unmittelbar vor und nach dem CPT. Nach dem CPT wird eine zusätzliche VAS für den empfundenen Testschmerz vorgelegt, mit der Frage, wie schmerzhaft der Test war. Wieder können die Testpersonen ihre Antwort auf der Skala bis 100 mm markieren, wo entsprechend mit steigendem Wert die Intensität des Testschmerzes steigt. Für diese Untersuchung sind lediglich die vierte Schmerzabfrage sowie die Angabe zum Testschmerz von Relevanz, da sie sich unmittelbar auf den CPT beziehen. Die VAS gilt als objektiv erfassbares, reliables und valides Messinstrument, das das Schmerzempfinden sensitiv erfassen kann und standardmäßig eingesetzt wird (Schmitter, List & Wirz, 2013; Schomacher, 2008).

### Schmerztoleranz:

Die Schmerztoleranz wird als weitere Komponente der Schmerzwahrnehmung untersucht. Sie gibt an, inwieweit Schmerz als erträglich empfunden wird. Sie wird über den CPT ermittelt, indem die Zeit, in der die Testperson ihre Hand ins kalte Wasser hält, in Sekunden gemessen wird. Die Testperson soll die Hand so lange ins Wasser halten, bis es ihr zu schmerzhaft wird. Das Wasser hat eine Temperatur von 1°C (+/- 0,5 ° C) und wird in einem Eimer auf dieser Temperatur konstant gehalten. Die Testperson sitzt bei der Durchführung von der Testleitung abgewandt und wird instruiert, ihre dominante Hand, an der keine Elektroden befestigt sind, gerade und ruhig in den Wassereimer zu halten. Dabei soll die Hand bis zum Knöchel hineingehalten werden, nicht den Eimer berühren und sich sonst nicht bewegen. Die Testperson soll sagen, wenn sie mit dem Versuch anfängt. In dem Moment wird die Zeitmessung seitens der Testleitung gestartet. Wenn die Testperson die Hand wieder aus dem Wasser zieht, sagt sie vorher „Stopp“ und die Testleitung beendet die Messung. Die gemessene Zeit bildet dann die Schmerztoleranz. Die Zeit, in der die Hand ins Wasser gehalten wird, darf eine Dauer von drei Minuten nicht überschreiten, um Gewebsschäden zu vermeiden. Wenn die Testperson die Hand bis dahin nicht aus dem Wasser gezogen hat, wird der CPT durch die Testleitung beendet. Der CPT gilt als standardmäßig häufig eingesetzter objektiver, reliabler und bewährter Test, um im experimentellen Setting einen kurzweiligen Schmerzreiz zu setzen und über die Dauer seiner Durchführung die Schmerztoleranz zu bestimmen (Bachmann et al., 2018).

### 3.4. Vorgehen

Die in dieser Untersuchung behandelte Fragestellung wird im Rahmen einer übergeordneten Studie zum Thema „Musik und Stressmanagement“ behandelt. Die Studie wurde bereits 2016 an der Universität Marburg begonnen und seit 2018 an der Universität Wien fortgesetzt. Die angestrebte Stichprobengröße liegt bei 90 Testpersonen, sodass die Studie solange fortgesetzt wird, bis diese Teilnehmerzahl erreicht wird. Die Rekrutierung läuft zu einem überwiegenden Teil über das Internet, nämlich vor allem über Facebook. Dazu wird ein Flyer der Studie in regelmäßigen Abständen in unterschiedlichen Facebook-Gruppen online gestellt mit einem Appell, sich bei Interesse gerne per E-mail bei dem verantwortlichen Studienteam zu melden. Der Flyer beinhaltet grundlegende Informationen zum Studienablauf, und zwar, dass es sich um zehn Musiksitzungen, sowie einen Baseline-, Post- und Follow-up-Termin handelt, sowie dass die Teilnahme mit einer Aufwandsentschädigung verbunden ist. Diese beläuft sich auf 80 Euro, die am Ende ausgezahlt wird, wenn alle Termine eingehalten worden sind. Wird die Studienteilnahme vorzeitig beendet, wird die Entschädigung aliquot ausgezahlt. Die Teilnahme

ist freiwillig und kann jederzeit abgebrochen werden, wobei eine Angabe von Gründen nicht zwingend notwendig, jedoch im Sinne der Studie wünschenswert ist.

Wenn sich Interessierte auf den Flyer melden, wird zunächst ein Telefonscreening durchgeführt. Neben der Weitergabe von studienrelevanten Informationen an die Interessierten, wird darin ihre Eignung für die Studie mittels der zuvor erwähnten zu erfüllenden Kriterien überprüft. Bei Ausschluss durch Nichterfüllen eines Kriteriums können sich die Interessierten gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt erneut melden, falls sich dann alle notwendigen Kriterien als erfüllt zeigen. Sollte die Eignung gegeben sein, verpflichtet das Telefonscreening nicht zur Teilnahme, da die Interessierten am Ende des Interviews äußern können, falls sie ihre Meinung über den Wunsch an einer Teilnahme geändert haben. Wenn das Interesse an der Teilnahme am Ende des Telefonscreenings weiterhin besteht, erhalten sie einen Link zu Online-Fragebögen, die weitere studienrelevante Kriterien abfragen. Die ausgefüllten Fragebögen werden von der Studienleitung kontrolliert, um nochmals die endgültige Eignung zu prüfen. Bei positiver Begutachtung werden die geeigneten Testpersonen durch die Studienleitung zufällig einer der drei Versuchsbedingungen zugeteilt. An jedem Termin sind zwei Versuchsleitende anwesend. Die erste Versuchsleitung interagiert mit der Testperson und wird stets von einer weiblichen Person übernommen, um geschlechtsbedingte Testleitereffekte konstant zu halten. Die zweite Person übernimmt das Einspielen der Musik und befindet sich nicht in Sichtweite der Testpersonen, sodass diese Rolle von weiblichen als auch männlichen Versuchsleitenden übernommen werden kann. Die Bedingung, der die Testperson zugeordnet ist, ist dabei nur der Person bekannt, die die zweite Versuchsleitung übernimmt. Damit soll gewährleistet werden, dass sich die erste Versuchsleitung nicht in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung anders verhält. Eine Ausnahme bildet dabei die Bedingung der selbstgewählten Musik, wo keine Verblindung der Testperson stattfindet. Da diese ihre eigene Musik mitbringt, ist ihre Zuteilung bekannt.

Zwei Tage vor dem Baseline-Termin, an dem die Referenzwerte erhoben werden, müssen die Online-Fragebögen ausgefüllt worden sein, sodass die Zuteilung zu einer Bedingung rechtzeitig erfolgen kann. Auf den Baseline-Termin folgen zeitnah die zehn Musiksitzungen, die innerhalb von drei Wochen abgeschlossen sein sollen. Diese Termine werden möglichst alle am Baseline-Termin vereinbart und werden Montag bis Freitag täglich von 11:00 Uhr bis 17:00 Uhr angeboten. Für die Baseline-, Post- und Follow-up-Termine ist in der Regel etwas mehr Zeit einzuplanen als die übliche Stunde für die Musikhörtermine. Sollte es im Laufe der Teilnahme zu terminlichen Änderungen kommen, können die Termine verschoben werden. Die Termine zur Musikintervention dauern eine Stunde, wobei noch die Zeit dazu kommt, die für die

Fragebögen am Anfang und am Ende des Termins aufgewendet wird. Bei Terminen mit CPT kommt die entsprechende Zeit dafür noch hinzu. Während des Musikhörens befindet sich die jeweilige Testperson mit Kopfhörern auf einer Liege ohne jegliche weiteren Reize und wird darum gebeten, für die Dauer der Intervention möglichst ruhig liegen zu bleiben, bis die Versuchsleitung sie abholt. Die Musiksitzungen folgen einem festgelegten Beschallungsplan. Dabei bildet wieder die Bedingung der selbstgewählten Musik die Ausnahme. In diesem Fall bringen die Testpersonen bereits zum Baseline-Termin eine Playlist mit, die Musik im Umfang von 120 min umfasst. Den Testpersonen wird zuvor mitgeteilt, dass es sich dabei um ihre „Lieblingsmusik“ handeln soll, die sie Rahmen der Musikintervention hören. Von dieser Musik werden jeweils pro Termin 60 min abgespielt, wobei das Abspielen der Musik über das Software-Programm Windows Media Player (Microsoft, 2012) in zufälliger Reihenfolge (Shuffle-Modus) erfolgt. Bei jeder dieser Sitzungen wird daher ein Screenshot der jeweiligen Playlist gemacht, sodass nachvollzogen werden kann, was die Testperson an dem entsprechenden Termin gehört hat. Die fremdgewählte Musik unterliegt in den beiden übrigen Bedingungen demselben Beschallungsplan. In der Bedingung der fremdgewählten frequenzmodulierten Musik liegt dieselbe Musik wie in der fremdgewählten Bedingung mit veränderter Frequenz vor. Dabei nimmt die Frequenzmodulation mit jeder Musiksitzung zu. Der erste Termin beinhaltet laut Beschallungsplan sogenannte „well-balanced“ Musik von Oliver Shanti, der zweite eine Zusammenstellung klassischer Musik, der dritte Musik von Mike Oldfield, der vierte Violinen-Musik, der fünfte Musik von den Beatles, der sechste die Musik vom ersten Termin, der siebte die vom vierten, der achte die vom fünften, der neunte die vom dritten Termin und der zehnte Gitarren-Musik. Der letzten Musiksitzung folgt der Post-Termin, an dem nochmal die Erhebungen vom Baseline-Termin wiederholt werden. Dieser Termin soll drei Tage nach dem letzten Musikinterventionstermin liegen. Die Erhebungen werden drei Wochen später beim Follow-up-Termin ein letztes Mal wiederholt. Mit diesem Termin endet die Teilnahme einer Testperson an der Studie.

### 3.5. Auswertung

Die Analyse der Daten erfolgte über das Statistik-Programm IBM SPSS Statistics 25 (IBM, 2017). Zur Auswertung des biologischen Parameters SCL wurden die Daten des Equivital-Geräts über das Programm Equivital Manager (ADInstruments, 2018) in das Programm VivoSense (Vivonetics Inc., 2010) übertragen. Diese Software ermöglicht es, den Verlauf der EDA grafisch darzustellen und entsprechende Werte ihrer Parameter für ein bestimmtes Intervall zu berechnen. Der ausgewählte Parameter war hierbei wie bereits erwähnt das SCL.

Die ermittelten SCL-Werte wurden anschließend in eine SPSS-Datei übertragen. Die Daten aus den Fragebögen, die in den jeweiligen Musiksitzungen beantwortet wurden, wurden ebenfalls in dafür vorgesehene SPSS-Dateien übertragen.

Für H1 und H2 wurden Korrelationen berechnet. Für H3 wurde eine Mediation mit dem SCL als Mediator gerechnet, wofür die Programmerweiterung PROCESS macro Version 3.4 für SPSS (Hayes, 2019) verwendet wurde.

#### **4. Ergebnisse**

Für die hier bearbeitete Fragestellung ist die EDA ein zentraler Aspekt. Sie wird in der ersten, sowie in der dritten Hypothese thematisiert. Aus diesem Grund konnten nur Daten von Testpersonen verwendet werden, deren EDA aufgezeichnet wurde. Da wie zuvor erwähnt bei den Testpersonen der Marburger Kohorte diese Aufzeichnung nicht stattgefunden hat, konnten für die Hypothesen die EDA betreffend diese Kohorte gänzlich nicht in die Auswertung miteinbezogen werden. Lediglich für die zweite Hypothese konnte die Wiener und die Marburger Kohorte miteinbezogen werden, da in diesem Fall die Aufzeichnung der EDA nicht notwendig war. Da bei den meisten Testpersonen keine vollständigen Messungen über alle vier Termine vorlagen, wurde davon abgesehen, die Ergebnisse pro Testperson auszuwerten, da der Ersatz der hohen Anzahl an fehlenden Werten voraussichtlich zu erheblichen Verzerrungen geführt hätte. Aufgrund der Zusammensetzung der Stichprobe war wie bereits erwähnt kein Gruppenvergleich angestrebt, sodass die einzelnen Messungen der Testpersonen in Form einer Gesamtgruppe ausgewertet wurden.

##### **4.1. Voraussetzungsprüfung**

Zunächst wurden die Voraussetzungen geprüft, die die Daten für die statistischen Auswertungen erfüllen müssen. Für die ersten beiden Hypothesen sollten korrelative Analysen durchgeführt werden. Da alle Variablen in metrisch skaliert Form vorliegen, ist die Voraussetzung der passenden Skalierung erfüllt. Für parametrische Verfahren zeigen sich die weiteren Voraussetzungen nach grafischer Analyse allerdings nicht als gänzlich erfüllt. Die Überprüfung der Voraussetzung, dass keine Ausreißer vorliegen, erfolgte mittels Boxplots und ergab, dass es in einigen Fällen Ausreißer gibt, die im Rahmen der parametrischen Pearson-Korrelation einen stärkeren Einfluss hätten. Ein nichtparametrisches Verfahren wäre hier daher robuster. Die Überprüfungen der Voraussetzung der Linearität mittels Streudiagrammen ergaben, dass die Linearität manchmal abweicht. Zudem ergaben die Untersuchungen auf

Normalverteilung, dass die Variablen in den Stichproben für H1 und H2 laut Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt sind (durch Unterschreitungen des 0,05-Niveaus). Das unvollständige Erfüllen der Voraussetzungen sprach also dafür, anstelle von parametrischen Verfahren den hier besser geeigneten, nichtparametrischen Korrelationskoeffizienten nach Spearman zu verwenden. Zum Vergleich werden bei den Ergebnissen dennoch die Pearson-Korrelationen zusätzlich in Klammern angeführt. Sie ändern nichts an den Ergebnissen, sondern dienen lediglich als Zusatzinformationen.

Für H3 sollte eine Mediation durchgeführt werden. Die Stichprobe ist hier kleiner als für die ersten beiden Hypothesen und die Variablen sind zum Teil normalverteilt. Die Normalverteilung scheint hier mit steigender Fallzahl abzunehmen. Auch die Linearität zeigt etwas weniger Abweichungen. Die Überprüfung mittels Shapiro-Wilk-Test ergab, dass für die Variablen Schmerz nach dem CPT sowie Testschmerz eine Normalverteilung gegeben ist. Der Kolmogorov-Smirnov-Test gab zwar außerdem an, dass hier auch die Variable Arousal normalverteilt ist, was allerdings im Shapiro-Wilk-Test nicht bestätigt werden konnte ( $p = .03$ ). Für eine Mediationsanalyse ist die Normalverteilung allerdings eine weniger wichtige Voraussetzung. Gleiches gilt für die Voraussetzung der Homoskedastizität, die mittels Streudiagrammen überprüft wurde, die überwiegend auf Homoskedastizität hindeuteten. Jedoch erweist sich auch bei Abweichungen die Mediationsanalyse mit der Software PROCESS macro für SPSS (Hayes, 2018) als relativ robustes Verfahren, sodass die Mediationsanalyse durchgeführt werden konnte.

## 4.2. Hypothesenprüfung

### 4.2.1. Hypothese 1

Das angegebene Arousal hat in der Gesamtstichprobe eine Spannweite von 0 mm bis 88 mm ( $M = 31,62, SD = 22,83$ ). Die Schmerzintensität nach dem CPT wird von 0 mm bis 74 mm ( $M = 26,15, SD = 19,47$ ) angegeben und die Intensität des Testschmerzes von 0 mm bis 91 mm ( $M = 30,19, SD = 25,84$ ). Die Schmerztoleranz zeigt eine weite Spanne von 6 s bis 183 s ( $M = 51,33, SD = 39,70$ ) auf. Das SCL, welches nur für die Wiener Kohorte vorliegt, ergibt in den Durchschnittswerten der 5-minütigen Intervalle ein Minimum von 0,94  $\mu$ S und ein Maximum von 9,74  $\mu$ S ( $M = 3,00, SD = 2,64$ ).

H1 nimmt einen Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommenem Arousal der Musik und der EDA in Form des SCL während des Musikhörens an. Da bei den zwölf Testpersonen nicht an jedem der vier Termine vollständige Aufzeichnungen vorliegen, liegt die Anzahl an vorhandenen und auswertbaren Messwerten für das SCL bei  $n = 30$ . Die Korrelation beider Variablen nach Spearman zeigt mit Spearman Rho  $r_s = .13$ , bei  $p = .51$  einen geringen nicht signifikanten Zusammenhang (Pearson-Korrelation:  $r = .13$ ,  $p = .49$  nicht signifikant). Es kann also kein Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommenem Arousal und der EDA belegt werden, sodass die erste Hypothese verworfen werden muss.

#### 4.2.2. Hypothese 2

H2 nimmt einen Zusammenhang zwischen dem subjektiv wahrgenommenen Arousal der Musik und der Schmerzwahrnehmung an. Wie angekündigt wurden hier zusätzlich zu den Daten der Wiener Kohorte auch die Daten der vorangegangenen Marburger Kohorte miteinbezogen, sodass hier 91 Messungen vorliegen.

Die erste Subhypothese H2a überprüft den Zusammenhang zwischen den Variablen Arousal und Schmerzintensität nach dem CPT. Diese Korrelation ist mit  $r_s = -.03$  und  $p = .76$  nicht signifikant und so gut wie nicht vorhanden (Pearson-Korrelation:  $r = -.01$ ,  $p = .91$  nicht signifikant).

Ebenso zeigt sich kein Zusammenhang zwischen Arousal und der Schmerzintensität in Form des angegebenen Testschmerzes mit  $r_s = .00$ , der mit  $p = 1$  keine Signifikanz aufweist (Pearson-Korrelation:  $r = .00$ ,  $p = .997$  nicht signifikant.) Damit zeigen sich in beiden Fällen keine Zusammenhänge, sodass die erste Subhypothese zu verwerfen ist.

Ähnlich sieht es bei der zweiten Subhypothese H2b aus, die die Korrelation von Arousal und der Schmerztoleranz in Sekunden untersucht. Hier liegt mit  $r_s = .14$ ,  $p = .20$  ebenfalls kein signifikanter, wenn auch schwacher Zusammenhang vor, wodurch H2b ebenfalls nicht bestätigt werden kann (Pearson-Korrelation:  $r = .02$ ,  $p = .89$  nicht signifikant).

Die zweite Hypothese wird daher auch verworfen.

#### 4.2.3. Hypothese 3

In H3 wird der Effekt von subjektiv wahrgenommenem Arousal der Musik auf die Schmerzwahrnehmung mit EDA kurz vor einem Schmerzreiz als Mediator untersucht.

Da hier wieder Daten verwendet werden, die auf EDA-Messungen zurückgreifen, wird wieder nur der Datensatz der Wiener Kohorte untersucht. Diesmal sind außerdem die EDA-Messungen

unmittelbar vor dem CPT notwendig, sodass die Anzahl an Messungen mit  $n = 28$  nochmal etwas geringer ausfällt. Das Arousal bildet die unabhängige Variable, während die EDA in Form des SCL vor dem Setzen des Schmerzreizes den Mediator darstellt. Die unabhängige Variable stellt die Schmerzwahrnehmung dar, die nochmal in die beiden Komponenten Schmerzintensität und Schmerztoleranz aufgeteilt ist.

Die Untersuchung des indirekten Einflusses von Arousal auf den Mediator SCL ergibt einen Koeffizienten von 0,03 und  $R^2 = .038$ , womit 3,8 % der Varianz in der Variable SCL durch das Arousal erklärt werden. Der Einfluss von Arousal auf EDA fällt demnach gering aus und ist mit  $p = .32$  außerdem nicht signifikant.

Die Untersuchung der ersten Subhypothese H3a mit der abhängigen Variable Schmerzintensität ergibt für den Schmerz nach dem CPT  $R^2 = .08$ , sodass 8 % der Varianz durch die Variablen Arousal und SCL erklärt werden. Dieser schwache Zusammenhang ist mit  $p = .35$  nicht signifikant und wird durch die Effekte beider Variablen erklärt. Der direkte Einfluss von Arousal auf die Schmerzintensität ist mit einem Koeffizienten von 0,19 und  $p = .26$  nicht signifikant. Ebenso ist der indirekte Einfluss von der EDA mit einem Koeffizienten von -1,12 und  $p = .36$  nicht signifikant. Der totale Effekt von Arousal mit der Mediation über die EDA auf die Variable Schmerzintensität liegt bei 0,16 und ist mit  $p = .28$  ebenfalls nicht signifikant. Der indirekte Effekt der EDA beläuft sich auf -0,03 und der komplett standardisierte indirekte Effekt liegt bei -0,04. Damit werden höchstens 4,00 % des maximal möglichen negativen Effektes durch das Modell erklärt. Da in den Konfidenzintervallen, der Wert 0 vorkommt, ist es laut diesen Ergebnissen möglich, dass kein indirekter Effekt vorliegt.

Bei der Schmerzintensität in Form des Testschmerzes sieht es ähnlich aus. 10,25 % der Varianz des Testschmerzes werden über Arousal und EDA erklärt, doch auch dies ist mit  $p = .26$  nicht signifikant. Der Koeffizient von Arousal auf Testschmerz liegt bei 0,01 und ist mit  $p = .96$  nicht signifikant, wie auch der Koeffizient der EDA mit  $p = .11$  nicht signifikant ist und bei -2,25 liegt. Der totale Effekt ergibt -0,05 und ist mit  $p = .78$  nicht signifikant. Der indirekte Effekt der EDA auf den Testschmerz liegt bei -0,06 und der komplett standardisierte indirekte Effekt ergibt -0,0627, sodass 6,27 % des maximalen negativen Effekts durch das Modell erklärt werden können. Da auch hier die Konfidenzintervalle nicht gänzlich frei von dem Wert 0 sind, lässt sich nicht eindeutig nachweisen, ob ein indirekter Effekt vorliegt.

Schließlich wird H3b überprüft, worin die Schmerztoleranz als abhängige Variable vorliegt. Hier ergibt  $R^2 = .21$ , sodass 21 % der Varianz der Schmerztoleranz durch die Variablen Arousal und EDA erklärt werden. Dieser Einfluss ist mit  $p = .053$  knapp nicht signifikant. Der Koeffizient von Arousal liegt hier bei 0,38 und ist mit  $p = .39$  nicht signifikant. Allerdings ist

der Koeffizient der EDA mit 7,43 und  $p = .04$  signifikant auf 0,05-Niveau. Der totale Effekt beträgt 0,57 und ist mit  $p = .23$  nicht signifikant. Der indirekte Effekt der EDA liegt bei 0,1881 und der komplett standardisierte indirekte Effekt bei 0,0779. Das Modell kann daher 7,79 % des maximal möglichen Effekts erklären. Auch hier kommt in den Konfidenzintervallen der Wert 0 vor, sodass der indirekte Effekt nicht gänzlich bestätigt werden kann. Schließlich muss auch die dritte Hypothese verworfen werden.

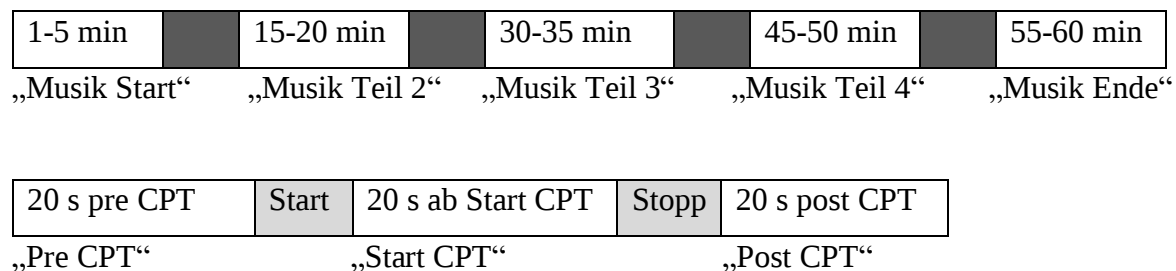
#### 4.3. Einzelfallanalysen

Aufgrund der wider Erwarten eingetretenen technischen Schwierigkeiten und dem damit einhergegangenen Verlust nahezu der Hälfte der Daten zur EDA aus der Wiener Kohorte, wird die Untersuchung durch Einzelfallanalysen ergänzt.

Da in dieser Studie drei Versuchsbedingungen untersucht werden, sollte aus jeder Bedingung jeweils eine Testperson ausgewählt werden, die im Detail exploriert wird. Von den aktuellen zwölf Testpersonen der Wiener Kohorte existieren nur bei wenigen vollständige EDA-Datensätze zu allen vier Musikhörterminen (M1, M3, M6 und M10). In den Bedingungen fremdgewählte Musik und fremdgewählte frequenzmodulierte Musik kommt jeweils eine Testperson vor, die vollständige EDA-Daten über alle vier Termine aufweist. In der Bedingung der selbstgewählten Musik liegen nur zwei Testpersonen vor, von denen leider in beiden Fällen nur an drei von vier Terminen vollständige Messungen vorliegen. Bei einer der beiden Testpersonen handelt es sich außerdem um den besonderen Fall, in dem der CPT von Seiten der Versuchsleitung abgebrochen werden musste, da die Testdauer in allen Terminen die Grenze von 3 min erreicht hatte. Im Fall dieser Testperson fehlen zum Teil auch die Marker in der Aufzeichnung, sodass diese mit Hilfe der Protokolle rekonstruiert wurden, um diesen Sonderfall noch zusätzlich in die Auswertung miteinzubeziehen und mit den anderen Testpersonen zu vergleichen. Insgesamt werden im Folgenden also vier Einzelfälle vorgestellt.

Für die Einzelfallanalysen wurde das SCL nicht nur an zwei bestimmten Messzeitpunkten betrachtet, sondern im Verlauf des Musikhörens, sowie des Schmerztests in Form des CPT. Im Verlauf des 60-minütigen Musikhörens wurden zusätzlich zu den letzten 5 min vier weitere Abschnitte betrachtet, die im Sinne der Vergleichbarkeit ebenfalls eine Länge von 5 min haben. Der erste Abschnitt umfasste die ersten 5 min der Musik, der zweite die Minuten 15 bis 20, der dritte die Minuten 30 bis 35 und der vierte die Minuten 45 bis 50. Diese Zeitangaben sind ab Beginn der Musik anhand des ersten gesetzten Markers zu verstehen. Für diese 5-minütigen Abschnitte wurde der durchschnittliche Wert des SCL bestimmt. Zusammen mit dem Wert am

Ende der Musik, der für H1 berechnet wurde, ergeben sich insgesamt fünf Abschnitte pro Musikhörsitzung, die mit „Musik Start“, „Musik Teil 2 bis 4“ sowie „Musik Ende“ bezeichnet werden. Auch wurde das SCL nicht nur vor dem CPT, sondern auch währenddessen und danach untersucht, sodass nochmal drei Abschnitte bestimmt wurden. Bei den ausgewählten Testpersonen liegt die kürzeste Dauer der Durchführung des CPT bei etwa 20 s. Um die Dauer der Messungen für alle Testpersonen und alle Abschnitte konstant zu halten, wurden ausgehend von diesem Wert alle CPT-bezogenen Messabschnitte über eine Dauer von 20 s untersucht und nicht wie für die H3 über 30 s. Zur Orientierung wurden die Marker für den Start und das Stoppen des CPT verwendet. Der erste Abschnitt liegt hier mit 20 s vor dem Start des CPT. Der zweite Abschnitt besteht aus den 20 s ab dem Start-Marker. Schließlich bilden die ersten 20 s unmittelbar nach Beenden des CPT ausgehend vom Schluss-Marker den letzten Messabschnitt. Von diesen drei 20-Sekunden-langen Intervallen wurden wieder die Mittelwerte des SCL bestimmt und die Abschnitte als „Pre CPT“, „Start CPT“ und „Post CPT“ bezeichnet. Insgesamt liegen für die Musik- und CPT-bezogenen Messungen also acht Messabschnitte vor. Die Angaben über die SCL-Werte sind stets auf die Mittelwerte der jeweiligen Intervalle bezogen. Das bedeutet, dass entsprechend auch nur die Extrema der Mittelwerte angegeben werden und die tatsächlichen minimalen und maximalen Werte, die das SCL annimmt, hier nicht angeführt werden. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Abfolge der Messabschnitte.



*Abbildung 2.* Schematische Darstellung der Messabschnitte des SCL während des Musikhörens und des CPT. (Eigene Darstellung)

Für die korrelativen Analysen wurde wieder die Spearman-Korrelation verwendet, da pro Testperson die Anzahl der Messungen zu klein ist, um korrekt auf eine Normalverteilung zu schließen. Es werden dennoch auch hier in Klammern zum Vergleich die Pearson-Korrelationen als Zusatzinformationen angeführt.

#### 4.3.1. Bedingung: fremdgewählte Musik

Die ausgewählte Testperson für die Bedingung der fremdgewählten Musik ist weiblich und zum Zeitpunkt der Studienteilnahme 28 Jahre alt.

Das durchschnittlich angegebene wahrgenommene Arousal durch die Musik auf der VAS liegt bei 39,38 mm. Auf der Dimension von entspannend bis energetisierend liegt die subjektive Wahrnehmung hier im mittleren Bereich, dabei etwas näher an entspannend. Der durchschnittliche Wert für das SCL während des Musikhörens aus allen vier Sitzungen liegt bei 3,14  $\mu$ S. Für die CPT-bezogenen Messungen liegt der durchschnittliche Wert der Hautleitfähigkeit aus allen Sitzungen bei 1,88  $\mu$ S. Das SCL erreicht sein Maximum mit 5,46  $\mu$ S zu Beginn von M3 und innerhalb der Musikhörtermine ein Minimum von 1,24  $\mu$ S am Ende von M6. Dieser Wert fällt in M6 nach dem CPT auf ein Minimum von 1,22  $\mu$ S bezogen auf ihre gesamten SCL-Mittelwerte. Insgesamt liegt der Durchschnittswert bei 2,67  $\mu$ S. Tabelle 1 zeigt die Werte des SCL zu allen acht Messzeitpunkten in allen vier Sitzungen, sowie das in jeder Sitzung angegebene Arousal.

Tabelle 1

*SCL-Werte und Arousal der Testperson für fremdgewählte Musik*

| Sitzung | „Musik<br>Start“ | „Musik<br>Teil 2“ | „Musik<br>Teil 3“ | „Musik<br>Teil 4“ | „Musik<br>Ende“ | „Pre<br>CPT“ | „Start<br>CPT“ | „Post<br>CPT“ | Arousal<br>in mm |
|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|---------------|------------------|
| M1      | 5,23             | 5,04              | 3,56              | 2,40              | 2,04            | 1,92         | 1,92           | 1,91          | 10               |
| M3      | 5,46             | 4,91              | 4,33              | 3,13              | 2,77            | 2,59         | 2,58           | 2,50          | 65               |
| M6      | 3,03             | 2,84              | 1,76              | 1,29              | 1,24            | 1,23         | 1,23           | 1,22          | 14,5             |
| M10     | 4,50             | 3,32              | 2,20              | 1,92              | 1,91            | 1,83         | 1,83           | 1,82          | 68               |

Anhand von Tabelle 1 wird ersichtlich, dass bei dieser Probandin das SCL über den Verlauf einer Musiksitzung und den CPT-Ablauf hinweg fällt. Innerhalb des 60-minütigen Musikhörens sinkt das SCL in den vier Terminen um 2 bis 3  $\mu$ S herab. Vor, während und nach dem CPT ändern sich die SCL-Werte nicht mehr so stark, sinken aber dennoch, wenn auch geringfügig wie in M6 ersichtlich ist. Für die Korrelation zwischen dem SCL am Ende der Musik und dem Arousal zeigt die Spearman-Korrelation mit  $r_s = 0$  keinen Zusammenhang, die mit  $p = 1,00$  aber keinerlei Signifikanz aufweist (Pearson-Korrelation:  $r = .59$ ,  $p = .41$  nicht signifikant).

Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen Screenshot mit einen Ausschnitt aus dem beginnenden Verlauf des SCL aus der Sitzung M3 dieser Probandin. Darin zeigen sich die anfänglichen Schwankungen des SCL.

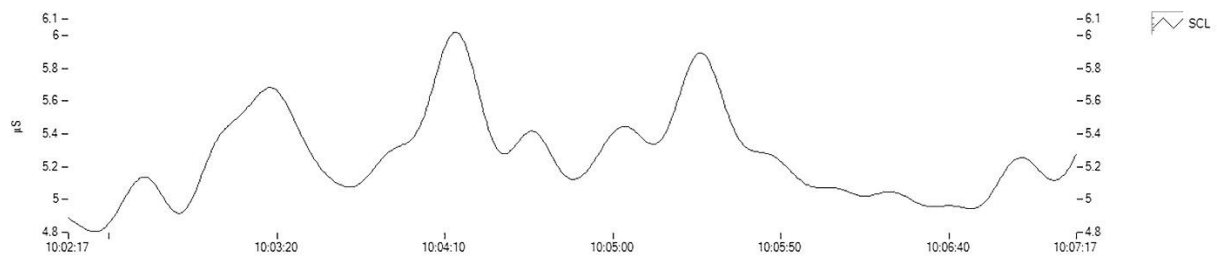


Abbildung 3. SCL-Verlauf zu Beginn von M3 (Testperson für fremdgewählte Musik).

In Abbildung 4 ist der Verlauf des SCL aus M3 zum Zeitpunkt des CPT dargestellt. Das stetige Sinken der Werte, wie es für diese Probandin typisch erscheint, wird in dieser grafischen Darstellung deutlich. Die beiden vertikalen Geraden stellen die Marker zu Beginn und Ende des CPT dar.

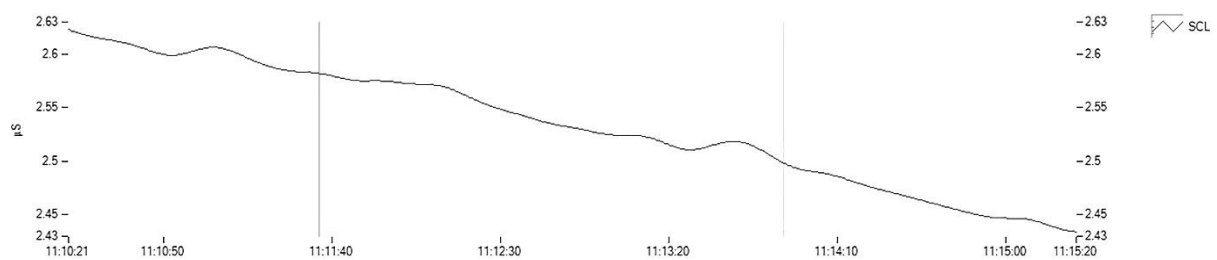


Abbildung 4. SCL-Verlauf zum Ende von M3 mit CPT-Verlauf und Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für fremdgewählte Musik).

Ob Schmerzen empfunden werden, wird wie bereits erwähnt an vier Zeitpunkten erhoben, vor und nach dem Musikhören, sowie unmittelbar vor und nach der Durchführung des CPT, mit einer zusätzlichen Abfrage des Testschmerzes. Da es sich bei den Testpersonen um solche handelt, die keine chronischen schmerzbehafteten Erkrankungen haben, fallen die Werte in den ersten drei Schmerzabfragen für gewöhnlich gering aus. Daher ist für die hier untersuchte Fragestellung eigentlich nur die vierte Schmerzabfrage, nämlich direkt nach dem CPT, sowie die Frage nach der Schmerzhaftigkeit des Testes von Bedeutung. In Tabelle 2 sind alle Schmerzangaben dieser Testperson in Millimetern auf der VAS, sowie ihre erfasste Schmerztoleranz in Sekunden aufgeführt. Zur Vollständigkeit sind hier auch die Schmerzangaben der ersten drei Messungen verzeichnet.

Tabelle 2

*Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für fremdgewählte Musik*

| Sitzung | Schmerz<br>1 in mm | Schmerz<br>2 in mm | Schmerz<br>3 in mm | Schmerz<br>4 in mm | Testschmerz<br>in mm | Schmerztoleranz<br>in s |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| M1      | 6                  | 4,5                | 12,5               | 59                 | 62,5                 | 34,50                   |
| M3      | 0,5                | 2,5                | 3                  | 38,5               | 19,5                 | 57,32                   |
| M6      | 2                  | 2                  | 4                  | 22                 | 39                   | 36,18                   |
| M10     | 2                  | 2,5                | 6                  | 41                 | 29                   | 75,20                   |

Die durchschnittliche Schmerzangabe für die Abfrage nach dem CPT liegt bei 40,13 mm und die empfundene Schmerzhaftigkeit des CPT bei 37,50 mm. Die durchschnittliche Schmerztoleranz liegt bei 50,80 s. Die Korrelationsanalyse zwischen Arousal und Testschmerz ergibt mit  $r_s = -1$  einen negativen Zusammenhang, der auf 0,01-Niveau hochsignifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = -.91$ ,  $p = .09$  nicht signifikant). Arousal und die wahrgenommene Schmerzintensität nach dem CPT zeigen mit  $r_s = -.20$  und  $p = .80$  einen schwachen negativen und nicht signifikanten Zusammenhang (Pearson-Korrelation:  $r = -.08$ ,  $p = .92$  nicht signifikant). Der Zusammenhang zwischen Arousal und Schmerztoleranz ergibt  $r_s = 1$  einen positiven Zusammenhang auf 0,01-Signifikanz-Niveau (Pearson-Korrelation:  $r = .94$ ,  $p = .06$  knapp nicht signifikant). Arousal und Testschmerz, sowie Arousal und Schmerztoleranz zeigen bei dieser Probandin also signifikante Zusammenhänge (hinsichtlich der Pearson-Korrelationen ist es denkbar, dass mehr Messungen zu einem signifikanten Ergebnis führen könnten).

## 4.3.2. Bedingung: fremdgewählt frequenzmodulierte Musik

Für die Bedingung der fremdgewählten frequenzmodulierten Musik liegt eine männliche Testperson im Alter von 24 Jahren vor.

Sein wahrgenommenes durch Musik ausgelöstes Arousal liegt auf der VAS im Durchschnitt bei 47,13 mm und damit fast genau mittig auf der Dimension zwischen entspannend und energetisierend. Das SCL liegt während der Musik durchschnittlich bei 7,695  $\mu$ S mit einem Maximum von 9,13  $\mu$ S in M6 und einem Minimum von 6,61  $\mu$ S am Ende von M10. Bezieht man auch die CPT-Werte mit ein, liegt das Maximum bei 9,27  $\mu$ S ebenfalls in M6. Der Durchschnittswert für die CPT-Messungen liegt bei 8,32  $\mu$ S. Das durchschnittliche SCL liegt für alle Messungen bei 7,93  $\mu$ S. Damit liegen die Werte dieses Probanden im Vergleich zur

restlichen Stichprobe im höheren Bereich. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die SCL- und Arousal-Werte dieses Probanden.

Tabelle 3

*SCL-Werte und Arousal der Testperson für fremdgewählte frequenzmodulierte Musik*

| Sitzung | „Musik<br>Start“ | „Musik<br>Teil 2“ | „Musik<br>Teil 3“ | „Musik<br>Teil 4“ | „Musik<br>Ende“ | „Pre<br>CPT“ | „Start<br>CPT“ | „Post<br>CPT“ | Arousal<br>in mm |
|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|---------------|------------------|
| M1      | 8,11             | 7,12              | 7,17              | 7,505             | 7,36            | 7,87         | 7,86           | 9,24          | 32               |
| M3      | 8,04             | 7,98              | 7,89              | 8,463             | 8,72            | 8,83         | 8,70           | 8,54          | 81,5             |
| M6      | 7,70             | 7,81              | 8,23              | 8,814             | 9,13            | 8,94         | 8,90           | 9,27          | 29               |
| M10     | 8,31             | 6,25              | 6,37              | 6,323             | 6,61            | 7,58         | 7,31           | 6,77          | 46               |

Der SCL-Verlauf während des Musikhörens zeigt sich in den vier Sitzungen unterschiedlich. Die Werte lassen erkennen, dass das SCL steigt und auch abnimmt. Abbildung 5 zeigt als Beispiel einen Ausschnitt aus dem mittleren Abschnitt von M1, worin ersichtlich ist, dass das SCL zwischendurch steiler ansteigt und wieder herabsinkt. In M1 und M10 ist das SCL am Ende des Musikhörens niedriger als zu Beginn, in M3 und M6 ist es am Ende wiederum höher. In M6 ist das SCL wie bereits erwähnt am höchsten, das wahrgenommene Arousal fällt allerdings bei diesem Probanden hier mit 29 mm am geringsten aus. Das zweithöchste SCL wird in M3 erreicht, wo das Arousal ebenfalls höher ausfällt und sein Maximum bei 81,5 mm erreicht. Während die SCL-Werte also alle in einem höheren Bereich sind, unterliegt das wahrgenommene Arousal stärkeren Veränderungen. Die Korrelation zwischen dem SCL am Ende der Musik und dem Arousal ergibt mit  $r_s = -.40$  einen mittleren negativen Zusammenhang, der mit  $p = .60$  aber keine Signifikanz aufweist (Pearson-Korrelation:  $r = .18$ ,  $p = .82$  nicht signifikant).

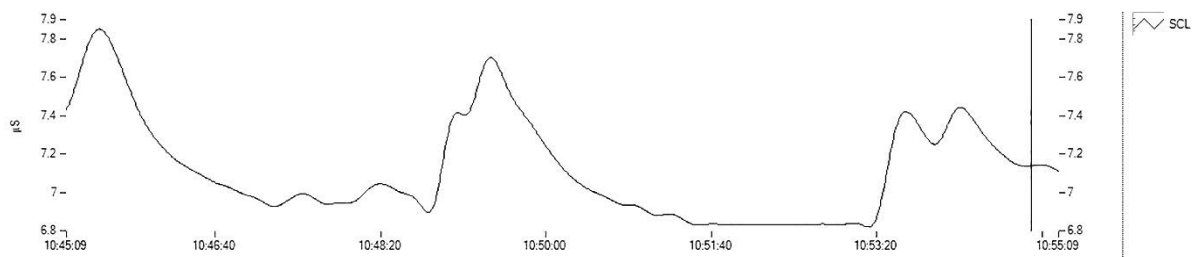


Abbildung 5. Ausschnitt aus dem SCL-Verlauf aus der Mitte von M1 (Testperson für fremdgewählte frequenzmodulierte Musik).

Tabelle 4

*Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für fremdgewählte frequenzmodulierte Musik*

| Sitzung | Schmerz<br>1 in mm | Schmerz<br>2 in mm | Schmerz<br>3 in mm | Schmerz<br>4 in mm | Testschmerz<br>in mm | Schmerztoleranz<br>in s |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| M1      | 0                  | 0                  | 0                  | 11                 | 24                   | 67,74                   |
| M3      | 0,5                | 0                  | 0                  | 27                 | 43                   | 52                      |
| M6      | 0                  | 1                  | 0                  | 22                 | 23                   | 83,99                   |
| M10     | 1                  | 0                  | 0                  | 34                 | 21                   | 85,40                   |

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die schmerzbezogenen Werte dieses Probanden. Die durchschnittliche Angabe über den Schmerz nach dem CPT liegt bei 23,50 mm und der Durchschnittswert des Testschmerzes bei 27,75 mm. Die durchschnittliche Schmerztoleranz liegt bei 72,28 s. Die Analyse von Arousal und Testschmerz ergibt einen mittleren Zusammenhang von  $r_s = .40$ , der mit  $p = .60$  jedoch nicht signifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = .91$ ,  $p = .09$  nicht signifikant). Arousal und die Schmerzintensität nach dem CPT haben mit  $r_s = .60$  einen mittleren und wider Erwarten positiven Zusammenhang, der mit  $p = .40$  aber auch nicht signifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = .46$ ,  $p = .54$  nicht signifikant). Ebenfalls entgegen der Erwartung ergeben Arousal und Schmerztoleranz eine mittlere negative Korrelation von  $r_s = -.40$ , die mit  $p = .60$  ebenso nicht signifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = -.75$ ,  $p = .25$  nicht signifikant). Zusammengefasst lassen sich hier keine signifikanten Zusammenhänge finden.

#### 4.3.3. Bedingung: selbstgewählte Musik

Für die Bedingung der selbstgewählten Musik werden zunächst die Ergebnisse einer weiblichen Testperson im Alter von 20 Jahren untersucht.

Ihr durchschnittlich wahrgenommenes Arousal der Musik liegt auf der VAS bei 17 mm und spricht damit dafür, dass die Musik insgesamt eher als entspannend wahrgenommen wurde. Dieser Trend ist auch in den restlichen Werten erkennbar, da das Arousal in M3 sein Maximum mit 29 mm und sein Minimum in M6 mit 11 mm erreicht. Ein Zustand von erhöhtem subjektiven Arousal tritt hier also gar nicht auf. Da im letzten Termin die Hautleitfähigkeit nicht korrekt aufgezeichnet wurde, konnten keine SCL-Daten aus M10 für die Auswertung verwendet werden. Das durchschnittliche SCL während der drei übrigen Musikhörsitzungen liegt bei 1,73  $\mu$ S. Sein Maximum erreicht es bei M1 mit 2,44  $\mu$ S zu Beginn der Messung, sein

Minimum liegt bei 1,20  $\mu$ S in M3. Damit zeigen die Werte dieser Probandin im Vergleich zu den anderen Testpersonen tendenziell geringere Werte im SCL. Die Korrelation zwischen dem SCL am Ende der Musik und dem Arousal zeigt mit  $r_s = -1$  einen negativen Zusammenhang, der hochsignifikant ist auf 0,01-Niveau (Pearson-Korrelation:  $r = -.71$ ,  $p = .50$  nicht signifikant).

Der durchschnittliche Wert der CPT-bezogenen Messungen liegt bei 1,58  $\mu$ S und damit ebenfalls sehr nah an dem Durchschnittswert während des Musikhörens. Der Durchschnittswert für das gesamte SCL liegt damit bei 1,68  $\mu$ S. Tabelle 5 zeigt die Werte im Überblick.

Tabelle 5

*SCL-Werte und Arousal der Testperson für selbstgewählte Musik*

| Sitzung | „Musik<br>Start“ | „Musik<br>Teil 2“ | „Musik<br>Teil 3“ | „Musik<br>Teil 4“ | „Musik<br>Ende“ | „Pre<br>CPT“ | „Start<br>CPT“ | „Post<br>CPT“ | Arousal<br>in mm |
|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|---------------|------------------|
| M1      | 2,44             | 2,43              | 1,99              | 1,51              | 1,29            | 1,43         | 1,43           | 1,44          | 14               |
| M3      | 1,48             | 1,46              | 1,37              | 1,20              | 1,21            | 1,27         | 1,27           | 1,27          | 29               |
| M6      | 2,03             | 2,16              | 1,74              | 1,64              | 1,99            | 2,05         | 2,05           | 2,04          | 11               |
| M10     | -                | -                 | -                 | -                 | -               | -            | -              | -             | 14               |

Die SCL-Werte dieser Probandin zeigen mit maximal etwa 1,2  $\mu$ S nur geringe Schwankungen auf. Im Verlauf des Musikhörens lassen die Werte tendenziell eine leichte Abnahme des SCL erkennen. In den drei Terminen steigen die SCL-Werte zwischen dem Ende des Musikhörens und dem Beginn des CPT wieder etwas an. Auffällig bei dieser Probandin ist, dass die Werte vor, während und nach dem CPT annähernd konstant bleiben. Die Hautleitfähigkeit zeigt hier also keine Veränderungen im Verlauf des CPT. Abbildungen 6 und 7 zeigen die Verläufe der SCL um den CPT herum von M1 und M3.

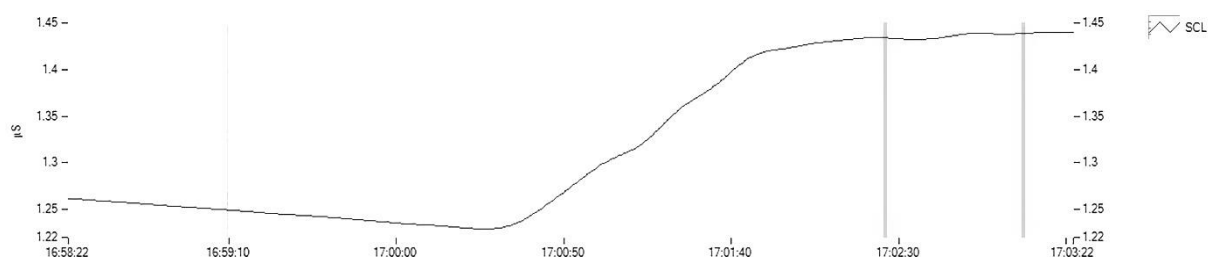


Abbildung 6. SCL-Verlauf aus M1 vor und während des CPT mit Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für selbstgewählte Musik).

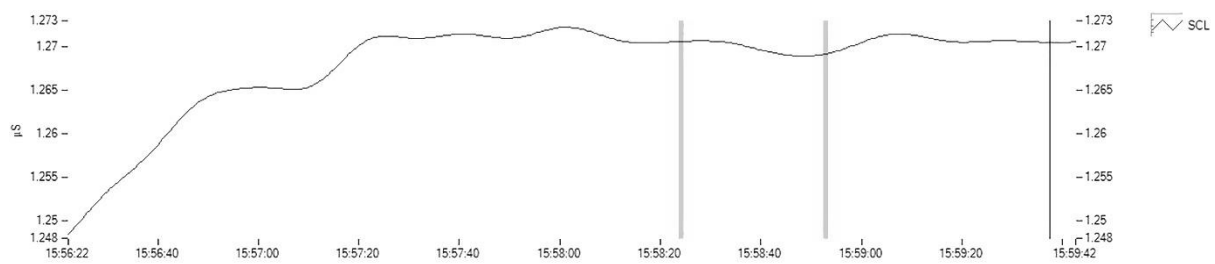


Abbildung 7. SCL-Verlauf aus M3 vor und während des CPT mit Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für selbstgewählte Musik).

Die grafische Darstellung gibt nochmal das Ansteigen des SCL vor dem CPT wieder, ebenso wie den nahezu konstanten Verlauf über den Ablauf des CPT hinweg. Betrachtet man zusätzlich die Werte der Schmerztoleranz fällt auch auf, dass diese ebenfalls in einem ähnlichen Bereich bleiben und maximal um knapp 10 s schwanken und mit einem Maximum von 30,24 s im Vergleich zu den Schmerztoleranzzeiten der anderen Testpersonen eher gering ausfallen. In Tabelle 6 werden die Angaben bezüglich der Schmerzwahrnehmung angeführt.

Tabelle 6

*Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für selbstgewählte Musik*

| Sitzung | Schmerz<br>1 in mm | Schmerz<br>2 in mm | Schmerz<br>3 in mm | Schmerz<br>4 in mm | Testschmerz<br>in mm | Schmerztoleranz<br>in sec |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| M1      | 0                  | 0                  | 1,5                | 34,5               | 62                   | 30,24                     |
| M3      | 0                  | 0,5                | 0,5                | 9                  | 47                   | 20,36                     |
| M6      | 0                  | 1                  | 0                  | 25                 | 48                   | 19,25                     |
| M10     | 0                  | 1                  | 3                  | 19                 | 48                   | 21,01                     |

Bei dieser Probandin zeigen sich im Vergleich zu den anderen Testpersonen niedrige Werte in der Schmerztoleranz. Bezogen auf die Gesamtstichprobe dieser Untersuchung weist sie die zweitniedrigsten Werte auf. Der durchschnittliche Wert der Schmerztoleranz liegt bei 22,72 s. Der durchschnittliche Wert für die wahrgenommene Schmerzintensität nach dem CPT liegt bei 21,88 mm und die wahrgenommene Schmerzhaftigkeit des CPT im Durchschnitt bei 51,25 mm. Arousal und Testschmerz zeigen mit  $r_s = -.50$  und  $p = .50$  einen mittleren negativen, aber nicht signifikanten Zusammenhang (Pearson-Korrelation:  $r = -.31$ ,  $p = .69$  nicht signifikant). Bei Arousal und dem Schmerz nach dem CPT zeigt sich mit  $r_s = -.63$  ein tendenziell negativer

Zusammenhang, der jedoch mit  $p = .37$  auch nicht signifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = -.78$ ,  $p = .22$  nicht signifikant). Ebenso liegt bei Arousal und Schmerztoleranz mit  $r_s = .32$  und  $p = .68$  kein signifikanter Zusammenhang vor (Pearson-Korrelation:  $r = -.20$ ,  $p = .80$  nicht signifikant und entgegen der Erwartung positiv).

Betrachtet man hier den Anstieg des SCL zwischen dem Ende der Musik und dem CPT, könnte dies mit einer gesteigerten Erregung zusammenhängen, die einerseits dem Ende des Musikhörens zuzuschreiben sein könnte, da die entspannte Phase zu Ende ist und die Probandin wieder mit der Versuchsleitung interagiert. Andererseits könnte es auch mit einer gesteigerten Aufregung hinsichtlich des bevorstehenden CPT zusammenhängen. Dass das SCL sich im Verlauf des CPT kaum verändert, könnte daran liegen, dass die Dauer des CPT im Sinne der Schmerztoleranz bei dieser Probandin verglichen mit anderen recht gering ausfällt, sodass es noch zu keiner manifesten physiologischen Veränderung durch Schmerzwahrnehmung gekommen ist. Eine Möglichkeit wäre hier, dass eine vermeidende Einstellung der Probandin gegenüber der Schmerzhaftigkeit des CPT die kürzere Schmerztoleranz ausmacht.

#### 4.3.4. Bedingung: selbstgewählte Musik – Sonderfall CPT-Abbruch

Die zweite Testperson der selbstgewählten Bedingung ist ebenfalls weiblich und im Alter von 20 Jahren. Bei ihr handelt es sich um den Sonderfall, dass bei ihr jeder CPT die Maximaldauer erreicht hat und von Seiten der Testleitung beendet werden musste.

Das durchschnittlich wahrgenommene Arousal durch Musik liegt hier bei 20,63 mm auf der VAS. Damit fällt das Arousal insgesamt geringer aus. Der geringste Wert für Arousal liegt hier bei 0 mm in M1, was also eine Bewertung auf der vollständig entspannenden Dimension widerspiegelt. Die Werte für das Arousal sind jedoch nicht durchgehend so niedrig, so fällt die Bewertung in M10 mit 49,5 mm mittig aus, spricht damit aber nur für einen neutralen Zustand, sodass auch hier die Musik im Gesamten nie als energetisierend wahrgenommen wird. Da die Aufzeichnung des SCL bei dieser Probandin bei M6 fehlerhaft ist, konnte dieser Termin nicht in die Auswertung miteinbezogen werden, wodurch auch hier nur für drei Termine SCL-Aufzeichnungen vorliegen. Ihr durchschnittlicher Wert während des Musikhörens über diese Sitzungen liegt bei 5,71  $\mu$ S. Dabei erreicht sie verglichen mit insgesamt allen SCL-Messungen hohe Werte in M1, wo die SCL zu Beginn mit 10,16  $\mu$ S ihr Maximum erreicht. Das Minimum liegt hier zu Beginn von M10 mit 1,53  $\mu$ S. Die Messungen in Bezug auf den CPT liegen im Durchschnitt bei 5,63  $\mu$ S. Dieser Wert ist nah am Durchschnittswert der SCL während des Musikhörens, sodass der gesamte Durchschnittswert bei 5,68  $\mu$ S liegt.

Tabelle 7

*SCL-Werte und Arousal der Testperson für selbstgewählte Musik (CPT-Abbruch)*

| Sitzung | Musik<br>Start | Musik<br>Teil 2 | Musik<br>Teil 3 | Musik<br>Teil 4 | Musik<br>Ende | Pre<br>CPT | Start<br>CPT | Post<br>CPT | Arousal<br>in mm |
|---------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|------------|--------------|-------------|------------------|
| M1      | 10,16          | 10,22           | 9,88            | 9,91            | 9,74          | 9,66       | 9,66         | 9,57        | 0                |
| M3      | 5,55           | 5,62            | 5,32            | 5,23            | 5,18          | 5,23       | 5,32         | 5,34        | 20               |
| M6      | -              | -               | -               | -               | -             | -          | -            | -           | 13               |
| M10     | 1,53           | 1,67            | 1,82            | 1,88            | 1,93          | 1,97       | 1,96         | 1,95        | 49,5             |

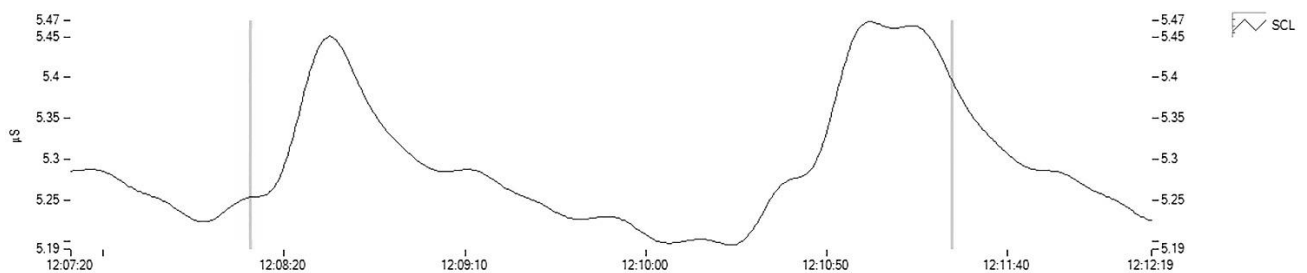
Tabelle 7 zeigt die Werte zu SCL und Arousal. Auffallend bei den SCL-Werten dieser Probandin ist, dass in M1 die Werte recht hoch sind und im Vergleich zur Gesamtstichprobe sogar die höchsten SCL-Werte während des Musikhörens darstellen. In jeder der drei Sitzungen variieren die Werte stark, mit etwa 10  $\mu$ S in M1, 5  $\mu$ S in M3 und 1,8  $\mu$ S in M10. Innerhalb einer Sitzung schwanken die Werte wiederum kaum, nämlich maximal um etwa 0,4  $\mu$ S. In M1 und M3 wird das SCL zum Ende hin geringer, während es in M10 zum Ende hin etwas steigt. Außerdem fällt auf, dass in M1 bei den höchsten Werten das Arousal bei 0 ist, also kein Arousal empfunden wird, sondern völlige Entspannung, während in M10 bei dem geringsten SCL das Arousal mit 49,5 am stärksten angegeben wird. Die Werte fallen damit also entgegengesetzt zu der Annahme aus, dass bei höherem Arousal auch das SCL tendenziell höher ist. Die Korrelation zwischen Arousal und dem SCL am Ende der Musik zeigt mit  $r_s = -1$  einen vollständigen negativen Zusammenhang, hochsignifikant auf 0,01-Niveau (Pearson-Korrelation:  $r = -.98$ ,  $p = .13$  nicht signifikant).

Tabelle 8

*Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für selbstgewählte Musik (CPT-Abbruch)*

| Sitzung | Schmerz<br>1 in mm | Schmerz<br>2 in mm | Schmerz<br>3 in mm | Schmerz<br>4 in mm | Testschmerz<br>in mm | Schmerztoleranz<br>in s |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| M1      | 1                  | 0                  | 0                  | 10                 | 6                    | 183                     |
| M3      | 0                  | 0                  | 0                  | 6                  | 13                   | 180                     |
| M6      | 0                  | 0                  | 0                  | 14,5               | 17                   | 180                     |
| M10     | 0                  | 0                  | 0                  | 25                 | 58                   | 180                     |

Tabelle 8 sind die schmerzbezogenen Werte zu entnehmen. Bei dieser Probandin liegt der besondere Fall vor, dass der CPT von Seiten der Versuchsleitung aus beendet werden musste. Während des CPT soll die Hand der Testperson nicht länger als drei Minuten im kalten Wasser bleiben, da eine zeitliche Überschreitung sonst schädlich sein kann. Da die Versuchsleitung die Zeit während des Versuches misst, bricht sie ab 180 s die Testung ab, wenn die Testperson noch nicht selbst die Testung beendet hat. Es kann bei der Ansage des Endes und dem Betätigen der Stoppuhr zu Verzögerungen kommen kann, wodurch die Schmerztoleranz in M1 mit 183 s erfasst worden ist. Der durchschnittliche Wert der Schmerzintensität nach dem CPT liegt bei 13,88 mm und für Testschmerz bei 23,50 mm. Der Zusammenhang zwischen Arousal und Schmerztoleranz zeigt mit  $r_s = -.78$  einen tendenziell negativen Zusammenhang, der mit  $p = .23$  nicht signifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = -.66$ ,  $p = .34$  nicht signifikant). Die Korrelation zwischen Arousal und dem Schmerz nach dem CPT liegt bei  $r_s = .40$  und ist mit  $p = .60$  auch nicht signifikant (Pearson-Korrelation:  $r = .78$ ,  $p = .22$  nicht signifikant). Dagegen zeigt sich mit  $r_s = .80$  ein wider Erwarten positiver Zusammenhang von Arousal und Testschmerz, der mit  $p = .20$  aber auch nicht signifikant ist (Pearson-Korrelation:  $r = .96$ ,  $p = .04$  wider Erwarten positiv und signifikant). Der Verlauf des SCL während des CPT zeigt im Vergleich zu der anderen Probandin der selbstgewählten Bedingung mehr Schwankungen auf. Abbildung 8 veranschaulicht diesen Verlauf grafisch.



*Abbildung 8.* SCL-Verlauf aus M3 während des CPT mit Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für selbstgewählte Musik; Sonderfall CPT-Abbruch).

#### 4.3.5. Vergleich der Einzelfallanalysen

Die Einzelfallanalysen zeigen, dass in einigen Fällen Tendenzen im Hinblick auf mögliche Zusammenhänge zwischen den Variablen erkennbar sind. Allerdings geht auch hervor, dass es deutliche individuelle Unterschiede gibt.

Abbildung 9 fasst die Werte zum durch Musik ausgelösten, subjektiv wahrgenommenem Arousal der vier Testpersonen in einem Diagramm zusammen. Darin wird nochmal ersichtlich, dass sich einige Testpersonen mit ihren Angaben im Verlauf der Sitzungen in einem ähnlichen Wertebereich befinden, während andere wiederum mehr Veränderung zeigen. Die Testpersonen in den beiden fremdgewählten Bedingungen hören die gleiche Musik, wobei sie in der frequenzmodulierten Bedingung entsprechend verändert ist. Das Arousal der beiden Personen verhält sich von M1 bis M6 in der Richtung seiner Veränderung ähnlich, wobei die Testperson der frequenzmodulierten Bedingung stets insgesamt höhere Werte aufweist. Nur in M10 fallen die Werte der Testperson aus der Bedingung der fremdgewählten Musik am höchsten aus. Zudem ist zu erkennen, dass die Werte der beiden Probandinnen aus der selbstgewählten Bedingung alle im niedrigen Bereich des Arousals liegen bzw. einmal davon im neutralen Bereich. Dies könnte darauf hinweisen, dass diese Personen bereits Musik ausgewählt haben, die einen eher entspannenden Charakter aufweist, sodass es nicht verwunderlich ist, dass kein hohes Arousal erreicht wird.

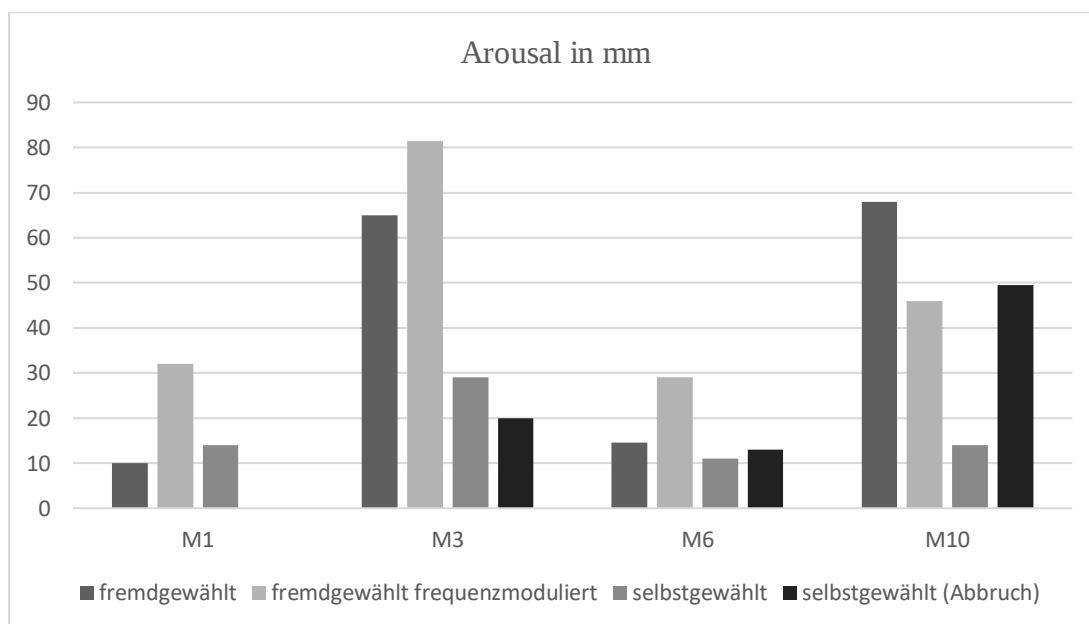


Abbildung 9. Angegebenes Arousal der Testpersonen in M1 bis M10 (in M1 liegt die Testperson der selbstgewählten Bedingung mit CPT-Abbruch bei 0 mm, daher nur drei Balken).

Weiter wird deutlich, dass die SCL-Verläufe zum einen individuell auffallende Unterschiede aufzeigen, zum anderen aber auch innerhalb eines Individuums durchaus verschieden verlaufen können. Anzumerken ist jedoch, dass beide Probandinnen in der Bedingung der selbstgewählten Musik nur wenige Schwankungen des SCL innerhalb eines Musikverlaufs zeigen. Bei den beiden Testpersonen der fremdgewählten Bedingungen sieht das dagegen

anders aus. Die Probandin der fremdgewählten Bedingung zeigt ein Muster, in dem das SCL im Verlauf einer Sitzung stetig niedriger wird, während der Proband der fremdgewählt frequenzmodulierten Bedingung wiederum im Verlauf der Musik vergleichsweise stärkere Schwankungen aufzeigt. Zum Ende der Musik bleibt das SCL jedoch bei den Testpersonen in einem ähnlichen Wertebereich. Lediglich die zweite Probandin der Bedingung der selbstgewählten Musik zeigt immer geringer werdende SCL-Werte mit jeder weiteren Sitzung. Dass das SCL einer Person zum Ende der Musik hier – mit Ausnahme der zweiten Probandin aus der Bedingung der selbstgewählten Musik – stets in einem ähnlichen Wertebereich liegt, veranschaulicht Abbildung 10.

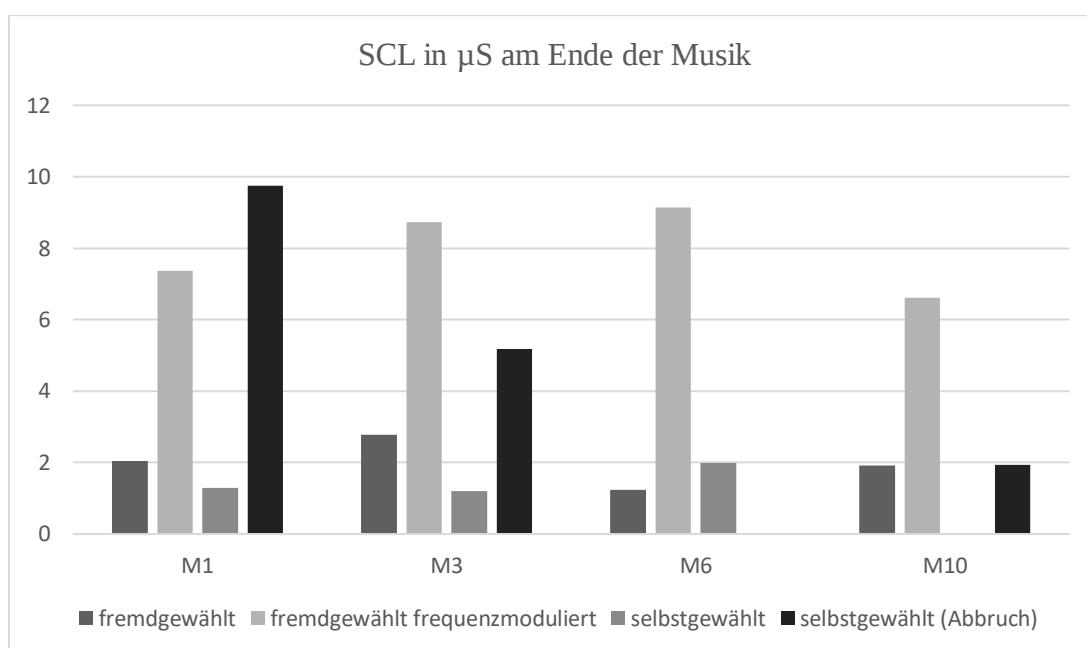


Abbildung 10. SCL-Werte der Testpersonen am Ende der Musik in M1 bis M10 (in M6 fehlt die Messung der Testperson für selbstgewählte Musik mit CPT-Abbruch und in M10 die der ersten Testperson für selbstgewählte Musik).

Die Angaben der vier Testpersonen zum Schmerz nach dem CPT und dem Testschmerz werden in den folgenden zwei Diagrammen dargestellt. Wieder sind zwischen den Personen keine einheitlichen Muster zu erkennen. Abbildung 11 verdeutlicht, dass die Schmerzintensität sowohl bis zur letzten Sitzung geringer werden als auch ansteigen kann.

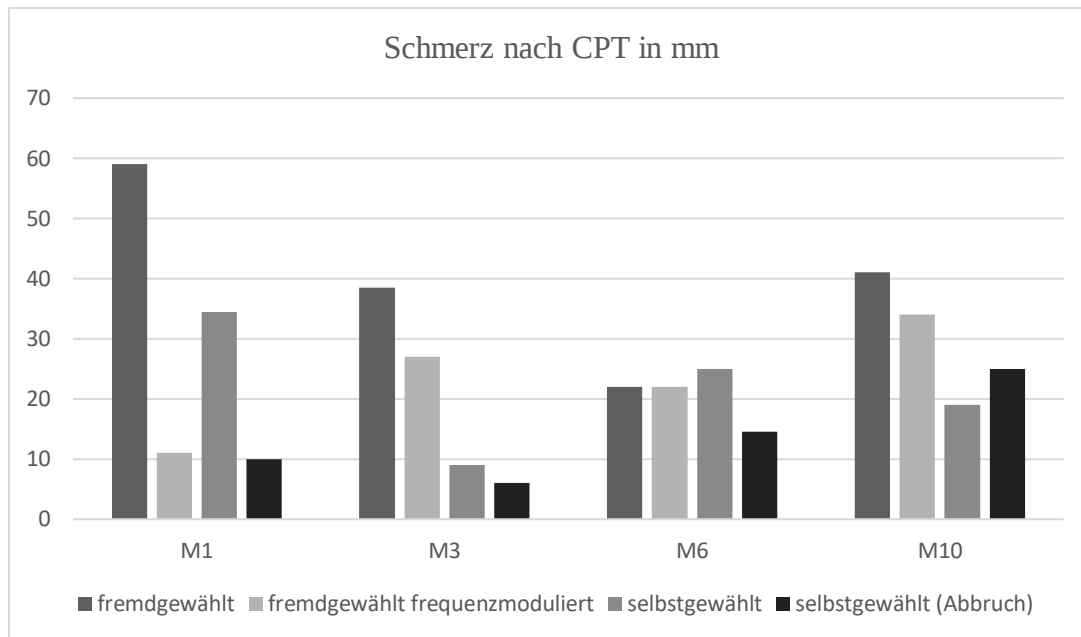


Abbildung 11. Angegebene Schmerzintensität der Testpersonen nach dem CPT in M1 bis M10.

Der Testschmerz fällt tendenziell höher aus als die Schmerzintensität. Trotz der Schwankungen in M3 und M6 ist in den meisten Fällen eine Abnahme des Testschmerzes von M1 im Vergleich zu M10 zu erkennen. Eine eindeutige Ausnahme bildet dabei die zweite Testperson der Bedingung der selbstgewählten Musik, die einen deutlichen und stetigen Anstieg im Testschmerz aufweist. Abbildung 12 gibt einen Überblick dazu.

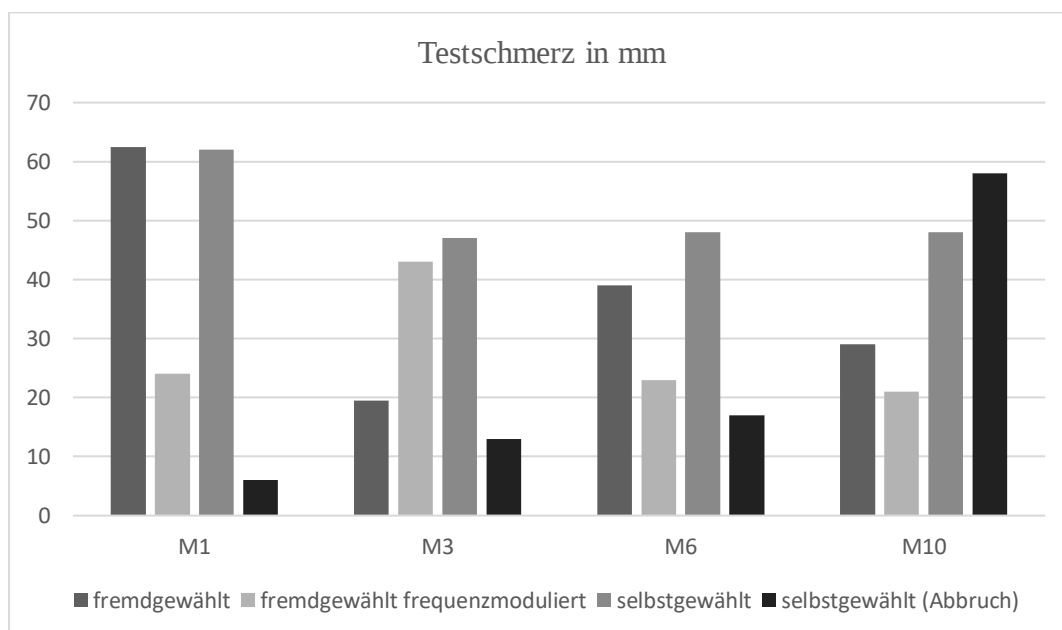


Abbildung 12. Angegebener Testschmerz der Testpersonen in M1 bis M10.

Die Schmerztoleranz fällt in den ersten beiden Bedingungen in M10 höher aus als in M1. In der Bedingung der fremdgewählten Musik nimmt die Schmerztoleranz von der ersten zur letzten Messung sogar um etwas mehr als das Doppelte zu. Bei beiden Testpersonen der selbstgewählten Musik bleibt sie jedoch fast gleich, wobei zu beachten ist, dass bei der zweiten Person der Bedingung der selbstgewählten Musik die Grenze der von Seiten der Versuchsleitung vertretbaren Dauer erreicht war, sodass nicht auszuschließen ist, dass die Toleranz dieser Person sonst noch höher hätte ausfallen können. In Abbildung 13 sind diese Ergebnisse nochmal dargestellt.

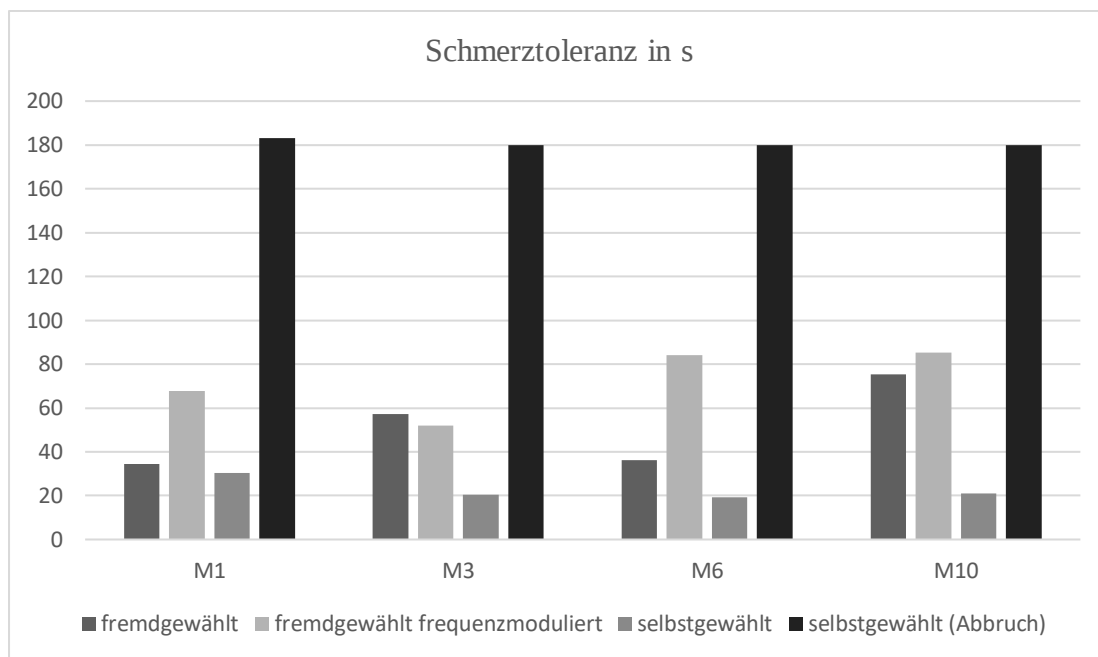


Abbildung 13. Gemessene Schmerztoleranz der Testpersonen in M1 bis M10.

Der Vergleich der Einzelfälle verdeutlicht, dass hier durchaus die Unterschiede der Testpersonen und der Bedingungen entsprechend unterschiedliche Ergebnisse liefern. Zwar ist es aufgrund der unausgeglichene Stichprobe und einer insgesamt eher geringen Anzahl an Messungen schwierig verallgemeinernde Aussagen und Rückschlüsse zu treffen, aber andererseits sind Unterschiede in der Wirkung der Interventionen dennoch auch zu erwarten.

## 5. Diskussion

Im Rahmen dieser Untersuchung konnten die getroffenen Annahmen durch die Ergebnisse nicht bestätigt werden. Dies muss aber nicht bedeuten, dass sie gänzlich nicht stimmen oder, dass sie keine Erkenntnisse liefern.

In der ersten Hypothese zeigte sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der EDA in Form vom SCL am Ende des Musikhörens und dem durch Musik ausgelösten, subjektiv wahrgenommenen Arousal. Der angenommene positive Zusammenhang liegt lediglich in schwacher Form vor und erweist sich zudem nicht als signifikant. Bei diesem Ergebnis ist die relativ geringe Stichprobe zu berücksichtigen. Da durch teilweise fehlgeschlagene Aufzeichnungen des SCL die Anzahl an auswertbaren Messungen geringer ausfiel als erwartet, können die unterschiedlichen Ergebnisse der Testpersonen durch ihre individuellen Schwankungen zu heterogen vorliegen, sodass kein eindeutiger Trend zu erkennen ist.

Die Messung der EDA erfolgte über ein technisches Verfahren, das stets gleichermaßen misst. Bei der Bewertung des subjektiv wahrgenommenen Arousals ist jedoch nicht gewährleistet, dass jede Testperson das Arousal stets gleichermaßen bewertet. Auch wenn anzunehmen ist, dass die Testpersonen intuitiv das angeben, was ihnen präsenter erscheint, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, wie diese Einschätzung zu Stande kommt. Die retrospektive Bewertung des Arousals der Musik und der Dauer der gehörten Musik könnten dabei ein mögliches Problem sein. Die Musikhörsitzung hat eine Dauer von 60 min, in der sich das SCL bei einigen Testpersonen stärker verändert und bei anderen wieder weniger. Es ist denkbar, dass sich innerhalb dieser 60 min entsprechend auch das subjektiv empfundene Arousal verändert. Da aber die Abfragung des Arousals nicht in regelmäßigen Intervallen während der Sitzung abläuft, sondern erst danach, gibt diese Antwort quasi nur einen Teil wieder. Es handelt sich dann entweder um eine Bewertung des zuletzt empfundenen Arousals gegen Ende der Musik oder eine Angabe über das durchschnittlich wahrgenommene Arousal über die gesamte Musik hinweg. Es ist denkbar, dass diese Art und Weise, das Arousal zu bewerten, zwischen den Personen variieren oder aber auch innerhalb eines Individuums unbewusst wechseln kann. Dies ist allerdings nicht zu überprüfen. Diese Untersuchung hat sich in der Ausgangsfragestellung bewusst mit dem SCL zum Ende der Musikhörsitzung beschäftigt, weil es naheliegend erscheint, dass das zuletzt empfundene Arousal der Testperson präsenter ist als zu Beginn oder in der Mitte der Musik. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass Testpersonen durchaus ihre Empfindung über die Sitzung hinweg rekapitulieren. In jedem Fall erweist sich hier der Vergleich zwischen biologischen Daten und Daten aus der Selbstauskunft als nicht unproblematisch. Während das SCL als solches einen relativ soliden Parameter bildet, lässt die

Angabe über das durch Musik ausgelöste, subjektiv wahrgenommene Arousal sowohl im Rahmen der Auswertung als auch während der Beantwortung der Frage Interpretationsspielraum offen. Wenn die Angabe nicht auf das zuletzt empfundene Arousal bezogen wird, könnte es durchaus damit zusammenpassen, dass es weniger mit dem zuletzt ausgelösten SCL zusammenhängen würde.

Die zweite Hypothese über den Zusammenhang von subjektiv wahrgenommenem Arousal und Schmerzintensität sowie Schmerztoleranz konnte ebenfalls nicht bestätigt werden. Die Stichprobe fiel hier durch den Miteinbezug der Marburger Kohorte zwar im Vergleich zu den anderen Hypothesentestungen höher aus, aber ein Zusammenhang ließ sich dennoch nicht nachweisen. Die teilweise starken Unterschiede in den Ergebnissen der Testpersonen können dazu beigetragen haben, dass keine eindeutige Tendenz hinsichtlich eines Zusammenhanges erkennbar ist. Eine nochmals größere Anzahl an Messungen mit genauer Überprüfung der Extremwerte könnte daher bei dieser Hypothesenprüfung hilfreich sein. Eine mögliche Problematik in der Erfassung der Schmerzintensität könnte darin bestehen, dass sie in Form einer Selbstauskunft von variablen subjektiven Eigenschaften abhängt und damit unsicherer zu vergleichen ist. Was jedoch anzumerken ist, ist, dass der CPT im Durchschnitt mit 30,69 mm als wenig schmerzhafter Test bewertet wurde. Von den 91 Messungen, zeigen lediglich 14 Messungen Markierungen auf der VAS auf, die deutlich über der Hälfte der Skala in Richtung schmerzhaft gehen. Ein essenzielles Problem dieser Untersuchung besteht also wahrscheinlich auch darin, dass zumindest in der subjektiven Wahrnehmung kaum Schmerzen vorliegen, die in Zusammenhang mit den anderen Variablen untersucht werden können. Außerdem kann es sein, dass die Schmerzintensität und der Distress, der durch Schmerz entsteht, nah beieinanderliegen, sodass die Testpersonen, diese Zustände nicht gut voneinander trennen können, was durchaus bereits in vorangegangenen Studien der Fall war (Vaajoki, Pietilä, Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen, 2012). Demnach könnte die Angabe zur Schmerzintensität durch mögliches Stressempfinden verzerrt sein.

Was weiter nicht zu vernachlässigen ist, sind mögliche Verzerrungseffekte, die damit zusammenhängen, dass Personen ein bestimmtes Bild von sich gegenüber sich selbst und anderen haben möchten. Es ist daher auch nicht gänzlich auszuschließen, dass manche Angaben zur Schmerzintensität nicht ganz ehrlich sind, wenn auch nicht beabsichtigt. Außerdem können zwischen der Wahrnehmung von Schmerzen und der allgemeinen Einschätzung von einem solchen Test durchaus auch Diskrepanzen bestehen, abhängig davon, welche Erfahrungen man selbst mit Schmerz hat und, ob man sich für jemanden hält, der eher viel oder wenig Schmerz empfindet.

Angesichts der Ergebnisse der ersten beiden Hypothesenprüfungen ist es nicht verwunderlich, dass auch die dritte Hypothese verworfen werden musste. Lediglich die Subhypothese bezüglich des Einflusses des subjektiv wahrgenommenen Arousals unter Mediation durch die EDA auf die Schmerztoleranz ergab ein zum Teil signifikantes Ergebnis. Der Koeffizient der EDA auf die Schmerztoleranz zeigt sich als signifikant auf 0,05-Niveau. Da aber der Koeffizient des Arousals nicht signifikant ausfällt, ergibt sich keine Signifikanz für das gesamte Modell. Dieses Ergebnis zeigt jedoch einen Trend. Daher wäre eine größere Stichprobe nötig, um zu überprüfen, ob das Ergebnis hinsichtlich der Mediation der Schmerztoleranz durch die EDA und die unabhängige Variable des Arousals womöglich doch signifikant ausfallen könnte. Dass das Ergebnis von Schmerztoleranz im Vergleich zur Schmerzintensität und dem Testschmerz signifikant ausfällt, erscheint passend zu der Überlegung, dass die subjektive Abfrage der Schmerzintensität als eher unsichere Angabe zu deuten sein könnte im Vergleich zu einer konkreten Messung wie in Form von Zeit. Das Aushalten des CPT gibt eine Auskunft darüber, wie lange der Schmerz aushaltbar ist und zeigt damit eine beobachtbare Konsequenz von empfundenem Schmerz. Eine erneute Überprüfung mit größerer Stichprobe und gegebenenfalls genauerer Kontrolle von Ausreißern könnte hier doch noch zu einer Bestätigung dieses Trends führen.

Die Analyse der vier Einzelfälle konnte diese Hypothesen ebenfalls nicht bestärken, dennoch brachte sie interessante Erkenntnisse mit. Einer der ausschlaggebendsten Punkte ist dabei sicherlich, dass besonders das SCL individuell sehr unterschiedlich ausfallen kann. Wie auch der Vergleich der Einzelfallanalysen gezeigt hat, ist es kaum möglich, ein Muster in der Entwicklung des SCL zu erkennen, was über die Testpersonen hinausgeht, da es sich dabei um einen sehr variablen Parameter handelt. Was jedoch aufgefallen ist, ist, dass beide Probandinnen der Bedingung der selbstgewählten Musik nur geringe Schwankungen des SCL im Verlauf einer Sitzung aufwiesen, was auf die von ihnen getroffene Vorauswahl der Musik oder ihren Bezug zu dieser zurückzuführen sein könnte.

Die Person der fremdgewählt frequenzmodulierten Bedingung fiel mit höheren Werten im Vergleich zu den anderen in Arousal, SCL und Schmerztoleranz auf, allerdings lässt sich keine Aussage darüber treffen, ob dies an den persönlichen Eigenschaften der Testperson liegt oder auch auf die Bedingung der Frequenzmodulation zurückzuführen sein könnte. Über mögliche Effekte der Frequenzmodulation lässt sich hier also keine sichere Aussage treffen.

Auffallend ist zudem, dass drei der vier untersuchten Testpersonen über alle ihre Termine hinweg stets ein SCL in einem ähnlichen Wertebereich aufwiesen, während sich der Wertebereich der vierten Person (der zweiten Probandin der Bedingung der selbstgewählten

Musik) in allen Terminen unterschied. Es ist also sowohl möglich, eine relativ konstantes SCL beizubehalten, als auch zu variieren.

Es gibt einige Punkte, die bei der Auswertung und Interpretation dieser Ergebnisse zu berücksichtigen sind und die im Hinblick auf weitere Untersuchungen einer solchen Fragestellung von Relevanz wären.

Die naheliegendste Erklärung dafür, dass die Ergebnisse insignifikant ausfallen, könnte darin bestehen, dass die sympathische Aktivität tatsächlich doch keine so bedeutsame Rolle in der Reduktion der Schmerzwahrnehmung spielt. Möglicherweise ist die Wirkung des Arousals, das durch die sympathische Aktivierung hervorgerufen wird, nicht so relevant wie die Erholung durch das parasympathische Nervensystem, das mit physiologischen Reaktionen, die förderlich für die Gesundheit sind, assoziiert ist (Barber, John, Derosse, Birnbaum, Lencz, & Malhotra, 2020). In Studien konnte bereits belegt werden, dass eine gesteigerte Aktivität des Parasympathikus die Weiterleitung nozizeptiver Impulse inhibiert (Nahman-Averbuch et al., 2016). Sollten die Effekte des parasympathischen Nervensystems die einzig ausschlaggebenden sein, wenn es um die Reduktion von Schmerzen geht, könnte tatsächlich kein nennenswerter Zusammenhang zwischen Schmerzwahrnehmung und der sympathischen Aktivität in Form von physiologischem Arousal bestehen. Demnach wären die hier getroffenen Hypothesen zurecht nicht bestätigt.

Ein wichtiger Aspekt, der bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist, liegt in der Subjektivität. Diese spielt sowohl in der Untersuchung von Schmerz als auch in der Untersuchung von wahrgenommenem Arousal eine unausweichliche Rolle. Sie ist zwar, wie die Definitionen der Variablen schon sagen, fester Bestandteil dieser, allerdings lässt sich eine Schwierigkeit in der Erhebung und Interpretation subjektiver Daten nicht leugnen. Wie schon zuvor ausgeführt, ermöglicht die Abfrage von Schmerz innerhalb einer VAS eine Orientierung hinsichtlich der Bewertung von Schmerzintensität. Während die Vergleichbarkeit der Bewertungen von Schmerzintensität innerhalb einer Person mit dieser Skala gut möglich sein kann, kann ein interindividueller Vergleich damit allerdings erschwert sein. Die subjektive Bewertung davon, was als viel und was als wenig schmerzhaft empfunden wird, erschwert den interpersonellen Vergleich, da auch jedes Individuum für sich im Prinzip eine eigene Referenz für Schmerzintensität hat. Dasselbe trifft entsprechend auch auf die Bewertung des Arousals zu, da auch hier die persönliche Einschätzung darüber, ab wann das Arousal als erhöht oder erniedrigt empfunden wird, zwischen den Personen stärker abweichen kann.

Dass die subjektive Wahrnehmung sich von den physiologischen Parametern unterscheidet, kann sich auch in ihrer unterschiedlichen Persistenz widerspiegeln. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass das SCL nach dem Hören von Musik länger anhielt als das subjektiv wahrgenommene Arousal durch die Musik in der Selbstauskunft (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Da das SCL durchgehend gemessen wird, ist es möglich, seine Veränderungen im Verlauf zu sehen, was wie schon zuvor erläutert für das subjektiv wahrgenommene Arousal nicht zutrifft. Da es nur einmalig nach dem Musikhören erfragt wird, können Veränderungen in der Wahrnehmung im Verlauf des Hörens nicht berücksichtigt werden. Entsprechend ist auch nicht nachvollziehbar, in welche Richtung sich das subjektiv wahrgenommene Arousal über den Verlauf der 60 min entwickelt hat. Die physiologische Reaktion könnte dabei durchaus noch vorhanden sein, auch wenn sie nicht mehr affektiv wahrgenommen wird (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Dies könnte auch daran liegen, dass das subjektive Arousal nicht mehr als verändert wahrgenommen wird und dadurch die Aufmerksamkeit nicht mehr auf sich zieht (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Dieser Umstand könnte die Vergleichbarkeit zwischen physiologischem und subjektiv wahrgenommenem Arousal erschweren.

Ein weiterer Punkt, der bezüglich des physiologischen Arousals eine Rolle spielt, ist die Art wie es sich ausbildet. Wie zu Beginn erwähnt verhalten sich physiologische Reaktionen häufig so, dass sie den zugrundeliegenden Reiz in gewisser Weise nachahmen (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Musik gibt Tempo und Rhythmus vor, wodurch es durchaus sein kann, dass das physiologische Arousal im Sinne des SCL sich in seiner Veränderung an diesen musikalischen Strukturen orientiert (Ribeiro, Santos, Albuquerque & Oliveira-Silva, 2019). Dies könnte bedeuten, dass das SCL sich auch erhöht, weil sich beispielsweise das Tempo der Musik erhöht, ohne dass die rezipierende Person sie als energetisierend empfindet und ihrerseits auch kein subjektives Arousal verspürt. Umgekehrt könnte aber auch ein höheres physiologisches Arousal bei entspannender Musik entstehen, weil die gehörte Musik der Person womöglich gefällt oder sie bestimmte Erinnerungen damit verbindet. Ein gegenteiliger Grund für die Entstehung von physiologischem Arousal bei tendenziell entspannender Musik könnte allerdings auch darin bestehen, dass die Musik eben nicht gemocht wird und sie die rezipierende Person sogar stört und womöglich aufregt. Dies könnten Gründe dafür sein, Musik als entspannend zu bewerten, aber dennoch ein erhöhtes SCL ausgebildet zu haben. Dann würde das SCL nicht durch die musikalische Beschaffenheit zu Stande kommen, sondern wäre die Folge einer affektiven Reaktion durch vorrangig extrinsische Eigenschaften bezüglich der gehörten Musik und persönliche Präferenz. Demzufolge können

Diskrepanzen zwischen subjektiv wahrgenommenem Arousal und physiologischem Arousal wie dem SCL durchaus nachvollziehbar sein.

Äußere Einflüsse, die über die Musik und die persönliche Einstellung zur Musik hinausgehen, können in dieser Fragestellung zusätzlich eine Rolle spielen. Es ist bekannt, dass Schmerz auch eine emotionale Komponente besitzt. Außerdem besagt die Definition von Schmerz auch, dass er im Hinblick auf ein bevorstehendes Schmerzerleben entstehen kann. Dies bedeutet, dass die bloße Erwartung von Schmerz zu physiologischen Reaktionen führen kann, die bei Schmerz entstehen. Dies kann dadurch passieren, dass diese Erwartung mit Angst oder zumindest Stress, im Sinne von Distress, zusammenhängt (Ellis & Thayer, 2010; Ellis, Koenig, & Thayer, 2012). Ängste und Sorgen können zur Verstärkung von Schmerz beitragen und somit auch eine Erklärung für ein erhöhtes SCL vor dem Schmerzreiz sein. Ein Beispiel hierfür könnte die Einzelfallanalyse der ersten Testperson aus der Bedingung der selbstgewählten Musik sein, für deren Ergebnisse dies eine mögliche Interpretation bietet. Diese zeigte nämlich im Verlauf der Musik ein relativ konstantes SCL mit nur wenigen Schwankungen und dann einen Anstieg des SCL vor dem CPT. Dies könnte damit zusammenhängen, dass sich bezüglich des bevorstehenden CPT eine Art Aufregung zeigte. Bei dieser Testperson fiel die Dauer des CPT, also die Schmerztoleranz, zudem sehr gering aus im Vergleich zu den anderen Testpersonen, während das SCL für diese Dauer nicht mehr weiter anstieg, sondern über den CPT hinweg weitgehend konstant blieb. Da hier auch die Angaben zur wahrgenommenen Schmerzintensität sehr gering ausfielen, der Test aber als mittelmäßig schmerzhaft bewertet wurde, könnte dies ein Beispiel dafür sein, dass hier die Erwartung über den bevorstehenden Schmerz, die sich möglicherweise in Sorge und Stress manifestiert hat, eher der Auslöser für den Anstieg des SCL war als der Schmerzreiz selbst. Unter diesen Aspekten könnte dies ein Beispiel dafür sein, dass der Schmerzreiz bzw. die Reaktionen darauf schwer abgrenzbar von weiteren schmerzbezogenen oder schmerzbegünstigenden Faktoren sein können.

Ein weiterer Aspekt, der hierbei vielleicht auch deutlich wird, ist die Rolle der persönlichen Einstellung gegenüber Schmerz. Dass persönliche Eigenschaften nicht zu vernachlässigen sind, zeigt sich bereits im Zusammenhang mit Musik, denn Merkmale der Big Five wie Extraversion oder Neurotizismus spielen eine Rolle, wenn es darum geht, durch Musik Emotionen zu induzieren (Luck, Saarikallio, Burger, Thompson & Toiviainen, 2010). Eigenschaften, die damit einhergehen, können sich ebenso in Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Schmerz zeigen. Solche Eigenschaften können beeinflussen, ob sich jemand als eine Person sieht, die eher weniger oder eher mehr Schmerz verträgt. Diese persönlichen Ansichten haben wiederum Auswirkungen auf das Verhalten und zu den Komponenten von Schmerz zählt bekanntlich auch

das Schmerzverhalten (Loeser & Melzack, 1999). Schmerz unterliegt einem Lernprozess und, wenn ein Individuum von der Schmerzhaftigkeit eines Erlebnisses weiß, wird es unter Umständen dazu neigen, dies zu vermeiden (Nazarewicz, Verdejo-Garcia & Giummarra, 2015). In Personen, die stärker durch Ängste und Stress belastet sind, fällt die Vigilanz gegenüber potenziell schädigenden Reizen höher aus, sodass sie entsprechend eher zu Vermeidungsreaktionen tendieren (Nazarewicz, Verdejo-Garcia & Giummarra, 2015). Wenn sich also jemand als schmerzempfindlich ansieht, ist es wahrscheinlich, dass sich dies auch im Vermeidungsverhalten widerspiegelt. Dies könnte auch der Fall bei der erstgenannten Probandin in der Bedingung der selbstgewählten Musik sein, die eine besonders kurze Schmerztoleranz aufweist. Da sie die Schmerzintensität durchgehend als gering angab, ist denkbar, dass sie beim CPT die Hand aus dem kalten Wasser zog, bevor es wirklich schmerzhaft wurde. In so einem Fall könnte es also sein, dass die Schmerztoleranz an sich größer sein könnte, aber der Anreiz den Schmerz zu vermeiden stärker ist, sodass der CPT vorzeitig beendet wird. Dies würde zu einem Schmerzverhalten einer sich eher als schmerzempfindlich einstufenden Person passen, die einen möglichen bevorstehenden Schmerz gar nicht erst aufkommen lassen will, wenn er sich vermeiden lässt. Auch dies ist im Hinblick auf diese Probandin nur eine mögliche Interpretation und kann nicht überprüft werden. Aber in jedem Fall ist es ein mögliches Verhalten im Umgang mit bevorstehenden und auftretenden Schmerzen.

Schließlich ist ein nennenswerter Punkt der situativen Kontext, in dem sich die Musik befindet. Unterschiedliche Situationen können zu unterschiedlichen Bewertungen derselben Musik führen. In dieser Untersuchung war den Testpersonen bewusst, dass sie in den Sitzungen eine Stunde lang Musik hören würden. Die Testpersonen der Bedingung der selbstgewählten Musik bekamen dafür die Anweisung, ihre „Lieblingsmusik“ im Umfang von 120 min mitzubringen, von denen dann pro Sitzung jeweils 60 min der Musik in zufälliger Reihenfolge abgespielt wurden. Da diesen Personen aber auch klar war, dass sie während dieser Stunde auf einer Liege Musik hören sollten und damit im Prinzip impliziert war, dass sie dabei möglichst entspannen sollten, ist es naheliegend, dass sie ihre „Lieblingsmusik“ auch nach entsprechenden Kriterien auswählten. Demnach ist denkbar, dass sie aus ihrer „Lieblingsmusik“ diejenige mitbringen würden, die sie zum Ausruhen hören und nicht unbedingt die, die aktivierend wirkt und eher für Unterhaltungszwecke gehört wird. In diesem Fall ist es also nicht verwunderlich, dass auch das subjektiv wahrgenommene Arousal der beiden Testpersonen der Bedingung der selbstgewählten Musik größtenteils im niedrigen, also entspannenden, Bereich lag.

Eine andere Möglichkeit, die auch eintreten kann, wäre, dass die Musik, die man eigentlich gerne hört, in dieser geforderten Entspannungssituation als störend empfunden werden kann. Insbesondere wenn sich die Musik in den Sitzungen zu oft wiederholt, könnte man ihrer auch überdrüssig werden, sodass sie nicht mehr den gewünschten angenehmen Effekt hätte, sondern eher Gereiztheit auslösen könnte.

### 5.1. Limitationen

Trotz vor allem technischer und teils unvorhergesehener Schwierigkeiten konnte diese Untersuchung – insbesondere durch die Ergänzung um Einzelfallanalysen – einige interessante Erkenntnisse gewinnen, die für zukünftige Studien untersuchungswürdig wären. Entsprechend unterliegt sie aber auch einigen Limitationen, die wahrscheinlich auch dazu beigetragen haben, dass die Ergebnisse teils uneindeutig ausfielen.

Vor allem die technischen Schwierigkeiten wirkten sich stärker auf die Auswertung aus als ursprünglich erwartet. Dies ist nicht zuletzt dem Ausmaß des Datenverlusts zu verschulden, der durch die fehlerhafte bis ausgebliebene Signalübertragung innerhalb einiger EDA-Messungen verursacht worden ist, sodass in vielen Testterminen keine korrekte Aufzeichnung erfolgte, wodurch sich der Datensatz der Messungen auf nahezu die Hälfte reduziert hatte. Die ohnehin schon geringe Stichprobe hat somit etwa die Hälfte der ihr zugrunde liegenden Daten eingebüßt. Dies machte eine Analyse zwischen dem angegebenen durch Musik ausgelösten, subjektiven Arousal und der EDA in Form des SCL weniger aussagekräftig. Die teils starken individuellen Schwankungen machten sich in den Ergebnissen bemerkbar, wodurch mögliche Zusammenhänge nicht ausreichend belegt oder gar verfälscht worden sein könnten. Außerdem machte es die unausgeglichene und unzureichende Verteilung der Testpersonen auf die Versuchsbedingungen nicht möglich, einen Gruppenvergleich durchzuführen, der möglicherweise einheitlichere Ergebnisse und weitere relevante Erkenntnisse geliefert hätte.

Die Zahl der Stichprobe hinsichtlich der Hauptfragestellung fällt mit zwölf Personen überaus gering aus. Weiter zeigt sich diese Personengruppe nur eingeschränkt repräsentativ bezüglich einer größeren Population. Zum einen besteht mit einem Verhältnis von 3:1 zu Gunsten der Frauen eine Unausgeglichenheit bezüglich der Geschlechterverteilung, zum anderen besteht die untersuchte Gruppe ausschließlich aus Studierenden, in einigen Fällen ebenfalls aus dem psychologischen Bereich. Diese Personengruppe gibt also nur einen sehr speziellen Teil und auch diesen nur eingeschränkt repräsentativ wieder.

Schließlich besteht eine Limitation darin, dass es sich bei den Testpersonen um solche handelt, die gesund sind und eben nicht unter Schmerzen leiden. Da in dieser Studie zunächst die

allgemeinen Wirkungen von musikbasierten Interventionen untersucht werden, ist es noch nicht möglich, Personen, die unter krankheitsbedingten oder chronischen Schmerzen leiden, in eine solche Studie miteinzubeziehen. Sollte sich im Laufe der Interventionen herausstellen, dass sie die Schmerzwahrnehmung im schlimmsten Fall verstärken, wäre dies gegenüber einer ohnehin schon an Schmerzen leidenden Kohorte nicht zu verantworten, sodass es nötig ist, vorerst an Gesunden zu testen. In diesen Musiksitzungen haben die Testpersonen beim Beantworten der Fragen zum empfundenen Schmerz bis nach dem CPT in der Regel keine bis nur geringe Schmerzen aufgezeigt. Der Schmerz durch den CPT stellt außerdem einen akuten und wie bereits ausgeführt nicht besonders starken Schmerz dar, der in der Regel nach Abschluss des CPT schnell abgeklungen und wieder vergessen ist. Der Vergleich der Schmerzbewertung beruht also lediglich auf den Angaben nach dem CPT. Das bedeutet bei der hier vorliegenden Stichprobe an gesunden Personen unweigerlich, dass sie im Verlauf einer Testung in der Regel nur in der letzten Schmerzabfrage überhaupt einen Schmerzwert aufweisen. Zudem wird der CPT nicht in jeder Sitzung, sondern nur an vier von zehn Terminen durchgeführt. Dies könnte zur Folge haben, dass keine Entwicklung in der Wahrnehmung der Schmerzintensität und der Schmerztoleranz stattfinden könnte, da die CPT-Termine zu weit auseinander liegen, als dass sie zureichend aufeinander aufbauen könnten. Das bedeutet wiederum, dass die einzelnen Termine gegebenenfalls nur für sich zu bewerten sind.

In zukünftigen Untersuchungen könnte möglicherweise eine alternative Abfrage der Schmerzintensität und des subjektiv wahrgenommenen Arousals der Musik anstelle über eine VAS mit einer Likert-Skala gemessen werden. Dies schränkt zwar einerseits die mögliche Vielfalt der Variablen ein, jedoch gibt die Verbalisierung einigermaßen eine Referenz vor, die die Vergleichbarkeit unter Umständen erleichtert. Um Informationsverlust zu vermeiden, könnte man Likert-Skalen auch zusätzlich zur VAS verwenden und damit vergleichen.

Außerdem erscheint es zumindest in der Bedingung der selbstgewählten Musik kaum möglich, bei den Testpersonen ein hohes subjektiv wahrgenommenes Arousal auszulösen, da sie bei dieser Untersuchung voraussichtlich eher entspannende Musik mitbringen, weil es das Setting im Prinzip suggeriert. Wenn man den Effekt von energetisierender Musik also untersuchen will, wäre es für weitere Untersuchungen von Vorteil, direkt darauf aufmerksam zu machen, dass die Testpersonen sowohl entspannende als auch energetisierende „Lieblingsmusik“ mitbringen sollen, um überhaupt die Grundvoraussetzung dafür zu schaffen, dass das Arousal als erhöht wahrgenommen werden kann.

Ein weiterer Punkt, der in zukünftigen Überprüfungen zu beachten wäre, liegt in der persönlichen Präferenz. Zwar steht bei der Bewertung von Musik neben dem Vorhandensein

von Arousal die Valenz ebenso häufig im Vordergrund, doch sagen beide Dimensionen letztlich nicht aus, ob die Musik gemocht wird oder nicht. Diese Abfrage, ob die Musik gemocht wird, in die Auswertung miteinzubeziehen, könnte hilfreich dabei sein, wenn es darum geht zu untersuchen, wodurch ein Arousal hervorgerufen werden kann – wenn beispielsweise die wahrgenommene Beschaffenheit der Musik nicht dazu passt. Für die genauere Untersuchung der musikalischen Eigenschaften, die zu Wohlbefinden und der Reduktion von Schmerz beitragen, ist es zudem von Vorteil, die Reaktionen auf die gehörte Musik genauer bezüglich der eigentlichen Beschaffenheit dieser zu untersuchen. Insbesondere wenn die Musik über eine längere Zeitspanne gehört wird, ist es von Interesse, welche strukturellen Eigenschaften sie aufweist, die mit physiologischen Reaktionen in Zusammenhang stehen könnten.

Schließlich wäre es denkbar, das subjektiv wahrgenommene Arousal im Verlauf einer längerdauernden Musikhörsitzung in regelmäßigen Abständen abzufragen. Damit wäre eine Vergleichbarkeit mit dem SCL-Verlauf möglicherweise erleichtert. Allerdings wäre hierbei auch zu Bedenken, dass dieses Vorgehen die Intervention stören könnte, sodass abzuwägen wäre, was im Hinblick auf die Fragestellung das sinnvollere Vorgehen wäre.

Selbst wenn aber die Testweise an sich nicht das ausschlaggebende Problem für diese Untersuchung darstellt, kann es sehr wohl der Fall sein, dass diese Stichprobe für die hier behandelte Fragestellung allen voran wegen ihrer Größe und Zusammensetzung, aber auch letztlich wegen der eher geringen Schmerzhaftigkeit des Testverfahrens nicht ausreichend geeignet ist, um einen Effekt auf die Schmerzwahrnehmung durch das durch Musik ausgelöste Arousal in subjektiv wahrgenommener und physiologischer Form zu erzielen. Da sich in dieser Untersuchung bereits zeigt, dass es sich bei dem CPT um ein Verfahren mit eher leichtem Schmerz handelt, der nicht dazu tendiert zu überdauern, wäre es eine Überlegung, in zukünftigen Studien auch Personen teilnehmen zu lassen, die tatsächlich unter anderweitigen Schmerzen leiden.

## 6. Conclusio

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind bei genauerer Betrachtung angesichts der Stichprobe und der Erkenntnisse, die sich auch über die Einzelfallanalysen ergaben, nicht unpassend, auch wenn die Hypothesen nicht verifiziert werden konnten.

Da es bei dieser Fragestellung um die Auswirkungen von Musik auf die Wahrnehmung von Schmerz ging, ist es bei einem kaum vorhandenen Schmerz, der aus dem CPT resultiert, nicht verwunderlich, dass hierzu keine besonderen Zusammenhänge gefunden werden konnten. Zwar ist es vom ethischen Standpunkt aus betrachtet richtig, einen Test einzusetzen, der eher wenig schmerzhaft und gut kontrollierbar ist, sowie ausschließlich gesunde Testpersonen teilnehmen zu lassen, allerdings geht damit auch eine eingeschränkere Aussagekraft einher. Ebenso ist es für den Gewinn weiterer Erkenntnisse nötig, gezielt die Effekte von entspannender und energetisierender Musik zu vergleichen, um die Wirkung von Arousal besser untersuchen zu können und zu überprüfen, ob sich energetisierende Musik neben entspannender Musik im therapeutischen Gebrauch ebenso gut bewähren kann. Zumindest scheint sie bisher keine ausgeprägten negativen Auswirkungen zu haben, wodurch zu vermuten ist, dass selbst eine nicht vollständig erfolgreiche musikbasierte Intervention immer noch recht risiko- und nebenwirkungsarm ist.

Auch wenn die subjektive Wahrnehmung – unabhängig davon, worauf sie bezogen ist – nicht einfach zu untersuchen und mit entsprechenden physiologischen Daten zu vergleichen ist, ist es wichtig, sowohl die subjektiv wahrgenommene als auch die physiologische Seite weiterhin zu betrachten. Denn nur unter Berücksichtigung beider Aspekte können komplexe Geschehen wie Schmerz dargestellt und erforscht werden. Physiologisch messbare Parameter können zwar oft den Anschein erwecken, näher am Geschehen zu sein, jedoch macht die subjektive Wahrnehmung aus, wie auf ein Geschehen reagiert wird.

In dieser Untersuchung konnte die Annahme, dass das durch Musik ausgelöste, subjektiv wahrgenommene Arousal über die EDA einen Einfluss auf die Schmerzreduktion hat, nicht bestätigt werden. Aber abschließend ist zu sagen, dass im Hinblick auf den Einfluss von Arousal und EDA auf die Schmerztoleranz trotz der geringen Stichprobe ein Trend erkennbar ist. Es ist daher denkbar, dass sich dieser Einfluss in einer erneuten Überprüfung mit größerer Stichprobe bestätigen könnte, was zukünftige Untersuchungen dazu wünschenswert macht, um diese Erkenntnis in Zukunft auch gezielt therapeutisch nutzen zu können.

## **7. Literatur**

- Akiyama, K., & Sutoo, D. (2011). Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neuroscience Letters*, 478, 50 – 60. doi:10.1016/j.neulet.2010.09.073
- Bachmann, P., Zhang, X., Larra, M. F., Rebeck, D., Schönbein, K., Koch, K. P., & Schächinger, H. (2018). Validation of an automated bilateral feet cold pressor test. *International Journal of Psychophysiology*, 124, 62 – 70. doi:10.1016/j.ijpsycho.2017.10.013
- Barber, A. D., John, M., Derosse, P., Birnbaum, M. L., Lencz, T., & Malhotra, A. K. (2020). Parasympathetic arousal-related cortical activity is associated with attention during cognitive task performance. *NeuroImage*, 208, 1 – 12. doi:10.1016/j.neuroimage.2019.116469
- Basler, H. D. (2011). Schmerz und Alter. In B. Kröner-Herwig, J. Frettlöh, R. Klinger & P. Nilges (Hrsg.), *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung* (S. 209 – 223). Berlin Heidelberg: Springer.
- Bernatzky, G., Presch, M., Anderson, M., & Panksepp, J. (2011). Emotional foundations of music as a non-pharmacological pain management tool in modern medicine. *Neuroscience and behavioral reviews*, 35, 1989 – 1999. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.06.005
- Bernatzky, G., Strickner, S., Presch, M., Wendtner, F., & Kullich, W. (2012). Music as non-pharmacological pain management in clinics. In R. McDonald, G. Kreutz & L. Mitchell (Hrsg.) *Music, health, and wellbeing* (S. 257 – 275). Oxford: Oxford University Press.
- Blanaru, M., Bloch, B., Vadas, L., Arnon, Z., Ziv, N., Kremer, I., & Haimov, I. (2012). The effects of music relaxation and muscle relaxation techniques on sleep quality and emotional measures among individuals with posttraumatic stress disorder. *Mental Illness*, 4, 59 – 65. doi:10.4081/mi.2012.e13
- Botha, C., Farmer, A. D., Nilsson, M., Brock, C., Gavrila, A. D., Drewes, A. M., Knowles, C. H., & Aziz, Q. (2015). Preliminary report: Modulation of parasympathetic nervous system tone influences in oesophageal pain hypersensitivity. *Gut*, 64, 611 – 617. doi:10.1136/gutjnl-2013-306698
- Boucsein, W. (1988). *Elektrodermale Aktivität*. Berlin: Springer Verlag.

- Boucsein, W., Fowles, D. C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., Roth, W. T., Dawson, M. E., & Fillion, D. L. (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, 49(8), 1017 – 1034. doi:10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x
- Brooks, J. & Tracey, I. (2005). Review: From nociception to pain perception: Imaging the spinal and supraspinal pathways. *Journal of Anatomy*, 207, 19 – 33. doi:10.1111/j.1469-7580.2005.00428.x
- Carr, D. B., & Goudas, L. C. (1999). Acute Pain. *The Lancet*, 353, 2051 – 2058. doi:10.1016/S0140-6736(99)03313-9
- Chuang, C.-H., Chen, P.-C., Lee, C. S., Chen, C. H., Tu, Y.-K., & Wu, S.-H. (2018). Music intervention for pain and anxiety management of the primiparous women during labour: A systemic review and meta-analyses. *Journal of advanced nursing*, 75, 723 – 733. doi:10.1111/jan.13871
- Daly, I., William, D., Hallowell, J., Hwang, F., Kirke, A., Malik, A., Weaver, J., Miranda, E., & Nasuto, S. J. (2015). Music-induced emotions can be predicted from a combination of brain activity and acoustic features. *Brain and Cognition*, 101, 1 – 11. doi:10.1016/j.bandc.2015.08.003
- Dean, R. T., Bailes, F., & Schubert, E. (2011). Acoustic Intensity Causes Perceived Changes in Arousal Levels in Music: An Experimental Investigation. *Plos One*, 6, 1 – 8. doi:10.1371/journal.pone.0018591
- Dobek, C. E., Beynon, M. E., Bosman, R. L., & Stroman, P. W. (2014). Music modulation of pain perception and pain-related activity in the brain, brain stem, and spinal cord: A functional magnetic resonance study. *The Journal of Pain*, 15, 1057 – 1068. doi:10.1016/j.jpain.2014.07.006
- Ellis, R. J., & Thayer, J. F. (2010). Music and autonomic nervous system (dys)function. *Music Perception: An interdisciplinary journal*, 27, 317 – 326. doi:10.1525/mp.2010.27.4.317
- Ellis, R. J., Koenig, J., & Thayer, J. F. (2012). Getting to the heart: Autonomic nervous system function in the context of evidence-based music therapy. *Music and Medicine*, 4, 90 – 99. doi:10.1177/1943862112437766
- Freitas, C., Manzato, E., Burini, A., Taylor, M. J., Lerch, J. P., & Anagnostou, E. (2018). Neural correlates of familiarity in music listening: A systematic review and a neuroimaging meta-analysis. *Frontiers in Neuroscience*, 1 – 15. doi:10.3389/fnins.2018.00686

- Gasser, H. S. (1941). The classification of nerve fibers. *Ohio Journal of Science*, 41, 145 – 159.
- Good, M., Stanton-Hicks, M., Grass, J. A., Anderson, G. C., Lai, H.-L., Roykulcharoen, V., & Adler, P. A. (2001). Relaxation and music to reduce postsurgical pain. *Journal of Advanced Nursing*, 33, 208 – 215. doi:10.1111/j.1365-2648.2001.01655.x
- Guétin, S., Diego, E., Mohy, F., Adolphe, C., Hoareau, C., Touchon, J., Thayer, J. F., & Koenig, J. (2016). A patient-controlled, smartphone-based music intervention to reduce pain – a multi-center observational study of patients with chronic pain. *European Journal of integrative medicin*, 8, 182 – 187. doi:10.1016/j.eujim.2016.01.002
- Gutgsell, K. J., Schluchter, M., Margevicius, S., DeGolia, P. A., McLaughlin, B., Harris, M., Mecklenburg, J., & Wiencek, C. (2013). Music therapy reduces pain in palliative care patients: A randomized controlled trial. *Journal of Pain and Symptom Management*, 45, 822 – 831. doi:10.1016/j.jpainsymman.2012.05.008
- Hargreaves, D. J., & North, A. C. (2010). Experimental aesthetics and liking for music. In P. N. Juslin (Eds.), *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications* (S. 516 – 545). Oxford: Oxford University Press.
- IASP Subcommittee on Taxonomy (1994). *Classification of chronic pain*. Seattle: IASP Press.
- Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 559 – 575. doi:10.1017/S0140525X08005293
- Khalifa, S., Isabelle, P., Jean-Pierre, B., & Manon, R. (2002). Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans. *Neuroscience Letters*, 328, 145 – 149. doi:10.1016/S0304-3940(02)00462-7
- Kouyanou, K., Pither, C. E., & Wessely, S. (1997). Medication misuse, abuse and dependence in chronic pain patients. *Journal of Psychosomatic Research*, 43, 497 – 504. doi:10.1016/S0022-3999(97)00171-2
- Kröner-Herwig, B. (2011). Schmerz als biopsychosoziales Phänomen – eine Einführung. In B. Kröner-Herwig, J. Frettlöh, R. Klinger & P. Nilges (Hrsg.), *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung* (S. 3 – 14). Berlin Heidelberg: Springer.

- Kröner-Herwig, B., & Frettlöh, J. (2011). Behandlung chronischer Schmerzsyndrome: Plädoyer für einen interdisziplinären Therapieansatz. In B. Kröner-Herwig, J. Frettlöh, R. Klinger & P. Nilges (Hrsg.), *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung* (S. 541 – 563). Berlin Heidelberg: Springer.
- Kröner-Herwig, B. (2014). Chronischer Schmerz: Psychologische Behandlungsansätze und Stand der Evidenz – Psychologische Behandlung des chronischen Schmerzes. *Verhaltenstherapie & Verhaltensmedizin*, 35, 57 – 74.
- Lee, I.-S., Necka, E. A., & Atlas, L. Y. (2020). Distinguishing pain from nociception, salience, and arousal: How autonomic nervous system activity can improve neuroimaging tests of specificity. *NeuroImage*, 204, 1 – 12. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.116254
- Linnemann, A., Ditzen, B., Strahler, J., Doerr, J. M., & Nater, U. M. (2015). Music listening as a means of stress reduction in daily life. *Psychoneuroendocrinology*, 60, 82 – 90. doi:10.1016/j.psyneuen.2015.06.008
- Liu, Y., & Du, S. (2018). Psychological stress detection based on electrodermal activity. *Behavioral Brain research*, 341, 50 – 53. doi:10.1016/j.bbr.2017.12.021
- Livingstone, S. R., & Thompson, W. F. (2006). Multimodal affective interaction: A comment on musical origins. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 24, 89 – 94. doi:10.1525/mp.2006.24.1.89
- Loeser, J. D. & Melzack, R. (1999). Pain: An overview. *The Lancet*, 353, 1607 – 1609. doi:10.1016/S0140-6736(99)01311-2
- Luck, G., Saarikallio, S., Burger, B., Thompson, M. R., & Toiviainen, P. (2010). Effects of the Big Five and musical genre on music-induced movement. *Journey of Research in Personality*, 44, 714 – 720. doi:10.1016/j.jrp.2010.10.001
- Lundqvist, L.-O., Carlsson, F., Hilmersson, P., & Juslin, P. N. (2009). Emotional responses to music: Experience, expression, and physiology. *Psychology of Music*, 37, 61 – 90. doi:10.1177/0305735607086048
- Madsen, C. S., Johnsen, B., Fuglsang-Frederiksen, A., Jensen, T. S., & Finnerup, N. B. (2012). The effect of nerve compression and capsaicin on contact heat-evoked potentials related to A $\delta$ - and C-fibers. *Neuroscience*, 223, 92 – 101. doi:10.1016/j.neuroscience.2012.07.049

- Naghdi, L., Ahonen, H., Macario, P., & Bartel, L. (2015). The effect of low-frequency sound stimulation on patients with fibromyalgia: A clinical study. *Pain research and management*, 20, 21 – 27. doi:10.1155/2015/375174
- Nahman-Averbuch, H., Dayan, L., Sprecher, E., Hochberg, U., Brill, S., Yarnitsky, D., & Jacob, G. (2016). Sex differences in the relationships between parasympathetic activity and pain modulation. *Physiology & Behavior*, 154, 40 – 48. doi:10.1016/j.physbeh.2015.11.004
- Nazarewicz, J., Verdejo-Garcia, A., & Giummarra, M. J. (2015). Sympathetic pain? A role of poor parasympathetic nervous system engagement in vicarious pain states. *Psychophysiology*, 52, 1529 – 1537. doi:10.1111/psyp.12516
- Olbrich, D., Conrady, U., & Olbrich, D.-I. (2015). Einsatz von AVWF® (Audio-visuelle-Wahrnehmungsförderung) in der Stressmedizin: Erfahrungen und erste Ergebnisse aus einer psychosomatischen Rehabilitationsklinik. *Ärztliche Psychotherapie*, 1, 39 – 45.
- Panerai, A. E. (2012). Pain stress and headache. *Neurological sciences: Official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 33, S1 – S3. doi:10.1007/s10072-012-1032-y
- Park, M., Hennig-Fast, K., Bao, Y., Carl, P., Pöppel, E., Welker, L., Reiser, M., Meindl, T., & Gutyrchik, E. (2013). Personality traits modulate neural responses to emotions expressed in music. *Brain Research*, 1523, 68 – 76. doi:10.1016/j.brainres.2013.05.042
- Peng, W., Babiloni, C., Mao, Y., & Hu, Y. (2015). Subjective pain perception mediated by alpha rhythms. *Biological Psychology*, 109, 141 – 150. doi:10.1016/j.biopsycho.2015.05.004
- Rahm, B., Lacour, M., Decety, J., Müller, J., Scheidt, C.-E., Bauer, J., König, R., Wirsching, M., Glauche, V., Ohlendorf, S., Unterbrink, T., Hartmann, A., & Joos, A. A. (2015). Self-perspective leads to increased activation of pain processing brain regions in fibromyalgia. *Comprehensive Psychiatry*, 59, 80 – 90. doi:10.1016/j.comppsycho.2015.02.005
- Reinhardt, T., Schmahl, C., Wüst, S., & Bohus, M. (2012). Salivary cortisol, heart rate, electrodermal activity and subjective stress responses to the Mannheim Multicomponent Stress Test (MMST). *Psychiatry Research*, 198, 106 – 111. doi:10.1016/j.psychres.2011.12.009
- Ribeiro, F. S., Santos, F. H., Albuquerque, P. B., & Oliveira-Silva, P. (2019). Emotional induction through music: Measuring cardiac and electrodermal responses of emotional states and their persistence. *Frontiers in Psychology*, 10, 1 – 13. doi:10.3389/fpsyg.2019.00451

- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161 – 1178. doi:10.1037/h0077714
- Schlereth, T., & Birklein, F. (2008). The sympathetic nervous system and pain. *NeuroMolecular Medicine*, 10, 141 – 147. doi:10.1007/s12017-007-8018-6
- Schmitter, M., List, T., & Wirz, S. (2013). Erfassung der Schmerzintensität mit eindimensionalen Skalen. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 107, 279 – 284. doi:10.1016/j.zefq.2013.05.008
- Schomacher, J. (2008). Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewältigung. *Physioscience*, 4, 125 – 133. doi:10.1055/s-2008-1027685
- Schubert, E. (1996). Enjoyment of negative emotions in music: An associative network explanation. *Psychology of Music*, 24, 18 – 28. doi:10.1177/0305735696241003
- Smolen, D., Topp, R., & Synger, L. (2002). The effect of self-selected music during colonoscopy on anxiety, heart rate, and blood pressure. *Applied Nursing Research*, 15, 126 – 136. doi:10.1053/apnr.2002.34140
- Sternbach, R. A. (1963). Congenital insensitivity to pain: A critique. *Psychological Bulletin*, 60, 252 – 264. doi:10.1037/h0042959
- Tsai, C.-G., Yang, C.-M., Chen, C.-C., Chen, I.-P., & Liang, K.-C. (2015). Relaxation and executive control process in listeners: An exploratory study of music-induced transient suppression of skin conductance responses. *Empirical studies of the Arts*, 33, 125 – 143. doi:10.1177/0276237415594707
- Vaajoki, A., Pietilä, A.-M., Kankkunen, P., & Vehviläinen-Julkunen, K. (2011). Effects of listening to music on pain intensity and pain distress after surgery: An intervention. *Journal of Clinical Nursing*, 21, 208 – 717. doi:10.1111/j.1365-2702.2011.03829.x
- Van Goethem, A., & Sloboda, J. (2011). The functions of music for affect regulation. *Musicae Scientiae*, 15, 208 – 228. doi:10.1177/1029864911401174
- Verheul, W., Finset, A., Holt, E., Stensrud, T. L. & Bensing, J. M. (2011). Is pain patients' psychophysiological arousal while watching their videotaped medical interview similar to their arousal during participation in this medical interview? *International Journal of Psychophysiology*, 79, 305 – 310. doi:10.1016/j.ijpsycho.2010.11.007

Yang, C.-Y., Miao, N.-F., Lee, T.-Y., Tsai, J.-C., Yang, H.-L., Chen, W.-C., Chung, M.-H., Liao, Y.-M., & Chou, K.-R. (2016). The effect of researcher designated music intervention on hospitalized psychiatric patients with different levels of anxiety. *Journal of Clinical Nursing*, 25, 777 – 787. doi:10.1111/jocn.13098

Yehuda, N. (2011). Music and stress. *Journal of Adult Development*, 18, 85 – 94. doi:10.1007/s10804-010-9117-4

## Anhang

### Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: SCL-Werte und Arousal der Testperson für fremdgewählte Musik .....                                   | 33 |
| Tabelle 2: Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für fremdgewählte Musik...                      | 35 |
| Tabelle 3: SCL-Werte und Arousal der Testperson für fremdgewählte frequenzmodulierte Musik.....                 | 36 |
| Tabelle 4: Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für fremdgewählte frequenzmodulierte Musik..... | 37 |
| Tabelle 5: SCL-Werte und Arousal der Testperson für selbstgewählte Musik.....                                   | 38 |
| Tabelle 6: Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für selbstgewählte Musik...                     | 39 |
| Tabelle 7: SCL-Werte und Arousal der Testperson für selbstgewählte Musik (CPT-Abbruch).                         | 41 |
| Tabelle 8: Schmerzintensität und Schmerztoleranz der Testperson für selbstgewählte Musik (CPT-Abbruch).....     | 41 |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Modell der Mediation von subjektiv wahrgenommenem Arousal über die EDA auf die Schmerzwahrnehmung.....                                     | 19 |
| Abbildung 2: Schematische Darstellung der Messabschnitte des SCL während des Musikhörens und des CPT.....                                               | 32 |
| Abbildung 3: SCL-Verlauf zu Beginn von M3 (Testperson für fremdgewählte Musik).....                                                                     | 34 |
| Abbildung 4: SCL-Verlauf zum Ende von M3 mit CPT-Verlauf und Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für fremdgewählte Musik).....                 | 34 |
| Abbildung 5: Ausschnitt aus dem SCL-Verlauf aus der Mitte von M1 (Testperson für fremdgewählte frequenzmodulierte Musik).....                           | 36 |
| Abbildung 6: SCL-Verlauf aus M1 vor und während des CPT mit Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für selbstgewählte Musik).....                 | 38 |
| Abbildung 7: SCL-Verlauf aus M3 vor und während des CPT mit Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für selbstgewählte Musik).....                 | 39 |
| Abbildung 8: SCL-Verlauf aus M3 während des CPT mit Markern für Start- und Stopp-CPT (Testperson für selbstgewählte Musik; Sonderfall CPT-Abbruch)..... | 42 |
| Abbildung 9: Angegebenes Arousal der Testpersonen in M1 bis M10.....                                                                                    | 43 |
| Abbildung 10: SCL-Werte der Testpersonen am Ende der Musik in M1 bis M10.....                                                                           | 44 |
| Abbildung 11: Angegebene Schmerzintensität der Testpersonen nach dem CPT in M1 bis M10.....                                                             | 45 |
| Abbildung 12: Angegebener Testschmerz der Testpersonen in M1 bis M10.....                                                                               | 45 |
| Abbildung 13: Gemessene Schmerztoleranz der Testpersonen in M1 bis M10.....                                                                             | 46 |