



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Der Einfluss musikinduzierter Chillerlebnisse auf Schmerz
unter Berücksichtigung von Stress und Emotionen“

verfasst von / submitted by

Hendrik Ressel, BSc

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

Wien, 2021 / Vienna, 2021

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

1. Einleitung

“One good thing about music:

when it hits you, you feel no pain.”

(Bob Marley)

Neben seinem herausragenden musikalischen Œuvre hinterließ Bob Marley mit obigem Zitat noch einen weiteren Beitrag, der die menschliche Faszination von Musik bereichert. Weder Kontext noch die von Marley gewünschte Interpretation seines Ausspruchs, der bei genauerem Hinsehen (mindestens) zwei Deutungsmöglichkeiten zulässt, sind dem Autor der vorliegenden Arbeit bekannt. Es erscheint jedoch am wahrscheinlichsten, dass Marley auf sehr eingängige Weise ein Paradox in Worte fasste: nämlich, dass die manchmal einem Aufschlag gleichende Konfrontation mit Musik beim Menschen trotz ihrer Heftigkeit keine Schmerzen auslöse (wenngleich diese Aussage zumindest in ihrer Absolutheit einer empirischen Überprüfung möglicherweise nicht unbedingt standhalten würde).

Schmerz stellt ein weitverbreitetes Phänomen dar, mit dem jeder Mensch im Laufe seines Lebens wohl unzählige Male konfrontiert ist. Eine gängige Definition beschreibt Schmerz wie folgt: “An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage“ (International Association for the Study of Pain [IASP], 1994, S. 210). Dieses Erleben geht mit zahlreichen negativen Auswirkungen einher (Lee, 2016). Nach obigem Verständnis von Schmerz ist selbiger kein rein sensorischer Prozess, sondern auch ein affektiv-subjektives Phänomen, welches von physiologischen, psychologischen und emotionalen Prozessen beeinflusst wird (Bernatzky, Strickner, Presch, Wendtner & Kullich, 2012). Entsprechend dieser großen Bandbreite an schmerz involvierten Prozessen gibt es sehr diverse Herangehensweisen zur Vermeidung und Reduktion von Schmerz. So werden somatische Schmerzinterventionen – vor allen Dingen in Form von Medikamenten – um kognitive und emotionale Interventionen ergänzt. Ein Beispiel für eine solche auf kognitiv-emotionalen Wirkmechanismen beruhende analgetische Maßnahme stellen Musikinterventionen dar. Mag der Einsatz von Musik zur Behandlung von Schmerz auf den ersten Blick wenig intuitiv und überraschend erscheinen, finden musikalische Schmerzinterventionen aufgrund ihrer wiederholt nachgewiesenen Wirksamkeit in der modernen Schmerzbehandlung rege Anwendung. Dabei können sie einerseits andere Schmerzinterventionen ergänzen und im Rahmen eines additiven Prozesses zu einer

insgesamt größeren Schmerzminderung führen, als durch die isolierte Durchführung der einzelnen Interventionen erreicht würde. Andererseits können musikbasierte Schmerzinterventionen unter gewissen Umständen auch somatische Maßnahmen ersetzen und sind diesen zum Teil sogar überlegen, weil ökonomischer anwendbar und mit weniger Nebenwirkungen behaftet (Bernatzky, Presch, Anderson & Panksepp, 2011; Martin-Saavedra, Vergara-Mendez & Talero-Gutiérrez, 2018). Die Belege für den analgetischen Nutzen von Musik gingen schon in der Mitte des 20. Jahrhunderts so weit, dass sie Gardner und Licklider (1959, nach Linnemann et al., 2015) sogar zur Einführung des Begriffes „Audioanalgesie“ inspirierten, und sind bis heute beständig ergänzt und verfeinert worden.

Vor dem Hintergrund dieses schmerzmindernden Effekts von Musik eröffnet sich nun eine bereits angedeutete zweite Interpretationsmöglichkeit von Bob Marleys obiger Aussage. Wie erwähnt ist dem Autor der vorliegenden Arbeit die Intention des Zitats genauso unbekannt, wie der Umstand, ob Marley als musikalischer Schmerztherapeut tätig war oder sich als ein solcher verstand. Doch egal, ob intentional oder unabsichtlich, Marley fasste mit seinem Ausspruch ein weiteres Phänomen der Faszination Musik in Worte: dass es scheinbar Momente gibt, in denen das Hören von Musik zur Überwindung von Schmerz führt.

2. Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen

2.1 Schmerz: Theorien zur Entstehung, Mechanismen und zentrale Teilkonstrukte

Zwei zentrale, mit der obigen Schmerzdefinition kongruente Theorien zur Entstehung und Verarbeitung von Schmerz sind die *Neuromatrix Theory of Pain* (Melzack, 1999) sowie ihre Vorgänger-Theorie, die *Gate Control Theory of Pain* (Melzack & Wall, 1965). Diese stellen Schmerzentstehung als aktiven Generierungsvorgang unter Zusammenspiel diverser neuronaler Komponenten statt als passive Reizverarbeitung dar. Nach der *Neuromatrix Theory* ist das Empfinden von Schmerz Teil eines sich permanent wiederholenden Prozesses der mentalen Abbildung des eigenen Körpers, den ein Individuum beständig durchläuft und dessen Endprodukt die eigene Körperwahrnehmung ist. Das entstehende körperliche Abbild ist das Produkt des Zusammenspiels einer großen Anzahl miteinander vernetzter neuronaler Strukturen, welche die namensgebende Neuromatrix darstellen. Neben rein sensorisch orientierten neuronalen Regionen bilden auch emotionale und kognitive Strukturen einen integralen Bestandteil der Neuromatrix. Sie sind damit Teil der Generierung und Modulation

von Schmerz und bedingen diese in manchen Fällen fast alleinig, wie beispielsweise im Falle der zur Theorie Anstoß gebenden Phantomschmerzen in nicht mehr vorhandenen Körperteilen (Melzack, 1999).

In den Prozess der Schmerzentstehung und -verarbeitung sind sowohl das periphere als auch das zentrale Nervensystem eingebunden. Den Ausgangspunkt von Schmerzerleben bilden in der Regel nozizeptive Rezeptoren in der Haut, die auf Gewebeschädigungen reagieren. Für das resultierende Reizsignal bestehen zwei zentrale neuronale Verarbeitungsprozesse: Die sensorisch-diskriminative Verarbeitung verläuft durch den Thalamus zu diversen kortikalen Regionen wie der Insula und dem somatosensorischen Kortex. Die affektive-motivationale Schmerzverarbeitung geschieht vor allem in mit der Entstehung und Verarbeitung von Emotionen verbundenen Systemen in supraspinalen Strukturen des unteren Hirnstammes entlang der zerebralen Mittellinie sowie in Teilen des Zwischenhirns, beispielsweise im Hypothalamus, Thalamus, unterschiedlichen limbischen Strukturen und im Vorderhirn (Bernatzky et al., 2011, 2012).

Zwei zentrale Elemente von Schmerz sind die Schmerzintensität, die das Ausmaß des von der betroffenen Person subjektiv wahrgenommenen Schmerzes darstellt (Jensen & Karoly, 1993), sowie die Schmerztoleranz, die als das maximale Ausmaß an Schmerz gilt, das eine Person ertragen kann (Philips, 1988). Schmerz kann weiterhin in prozeduralen, akuten und chronischen Schmerz unterteilt werden. Akuter Schmerz (meist stechend wahrgenommen und plötzlich auftretend) tritt in Zusammenhang mit Krankheiten oder Verletzungen und damit einhergehenden Gewebe- oder Nervenschädigungen auf, die in der Regel nicht länger als sieben Tage andauern. Davon abzugrenzen ist prozeduraler Schmerz, welcher im Rahmen von medizinischen Behandlungen erlebt wird. Chronischer Schmerz (auch: persistenter Schmerz) dauert länger an als die Heilung des Auslösers und tritt durchgängig oder periodisch mit oder ohne Vorliegen eines bekannten Auslösers auf (Allen, 2013). Schmerz übt häufig einen negativen Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden von Menschen und kann unter anderem ihre Mobilität, Vitalität und das Funktionieren des Immunsystems einschränken. Weiterhin geht Schmerz mit einer Vielzahl möglicher sozialer, behavioraler und psychologischer Probleme einher und kann die Lebensqualität betroffener Personen verringern. So werden beispielsweise Patient*innen medizinischer Behandlungen häufig unnötigem oder unnötig starkem Schmerz ausgesetzt (Lee, 2016).

2.2 Der Einfluss von Musik auf Schmerz

Eine mögliche Einflussgröße, die auf Basis einer breiten Befundlage mit Schmerzminderung assoziiert wird, sind Musikinterventionen (Bernatzky et al., 2012). Musikinterventionen können als zweckgerichtete Aktivitäten und Methoden definiert werden, deren zentraler Inhalt das Hören von Musik, eigenes Musizieren mit Instrumenten oder Singen sind (De Witte, Spruit, van Hooren, Moonen & Stams, 2019). Eine häufige Unterscheidung innerhalb der Musikinterventionen wird zwischen Musiktherapie und Musikmedizin vorgenommen, wobei Musiktherapie die Leitung des Prozesses durch speziell ausgebildete Musiktherapeut*innen beinhaltet, während musikmedizinische Interventionen ohne die Involvierung solcher geschieht (Dileo & Bradt, 2005). Allgemein konnte in umfassenden Metanalysen und Umbrella-Reviews ein kleiner bis mittlerer analgetischer Effekt von Musikinterventionen nachgewiesen werden, wobei eine hohe Heterogenität zwischen unterschiedlichen Zielgruppen, Kontexten sowie Schmerzausprägungen und -charakteristiken vorliegt (Lee, 2016; Lu, Yi & Hu, 2020; Martin-Saavedra et al., 2018). Bei Dileo und Bradt (2005) genannte Unterschiede im Ausmaß der Schmerzreduktion zwischen Musiktherapie und -medizin sind zum aktuellen Zeitpunkt jedoch als unsicher, möglicherweise spezifischer als zuvor angenommen und noch zu überprüfen anzusehen (Lee, 2016). Da Musikinterventionen bei korrekter Anwendung in der Regel wenig bis keine Nebenwirkungen aufweisen sowie leicht zugänglich, gut integrierbar und kosteneffektiv sind (Bernatzky et al., 2011; Linnemann et al., 2015), werden sie als komplementäre Elemente von Schmerztherapie empfohlen (u. a. Martin-Saavedra et al., 2018).

Trotz der starken Evidenz für einen analgetischen Effekt von Musik sind die ihm zugrunde liegenden Mechanismen bisher nur sehr bedingt geklärt (Bernatzky et al., 2012; Linnemann et al., 2015). Zentrale, wiederholt herangezogene Erklärungsansätze stellen jedoch die *Gate Control Theory* und die *Neuromatrix Theory of Pain* dar, nach welchen Musik einen kognitiv-emotionalen Schmerzmodulator darstellt (De Witte et al., 2019; Lee, 2016). Konsistent mit diesem Erklärungsansatz zeichnen sich mit der stressmindernden sowie der affektiv-emotionalen Wirkung verstärkt zwei Mechanismen ab, die einen integralen Anteil am schmerzlindernden Effekt von Musik haben könnten und eng zusammenzuhängen scheinen (Bernatzky et al., 2011; Linnemann et al., 2015; Lu et al., 2020). Gleichzeitig liefern diese Modelle Ansatzpunkte zur Integration weiterer ermittelter Faktoren, wie der Distraction von Aufmerksamkeit, der Regulierung des sympathischen Nervensystems, der

Stimulierung des limbischen Systems und der Freisetzung endogener Endorphine, indem diese als Teilmechanismen von emotionaler und Stressmodulation fungieren können (Bernatzky et al., 2011; Dileo & Bradt, 2005; Lu et al., 2020).

2.3 Emotionen als ein möglicher Wirkfaktor und Mediator des analgetischen Effekts von Musik

Die Regulierung von Emotionen stellt für Menschen einen der wichtigsten Nutzen von Musik dar und geht mit positiven Effekten auf die Gesundheit einher (Bernatzky et al., 2011; Swaminathan & Schellenberg, 2015; Thoma, Scholz, Ehlert & Nater, 2011; Zentner, Grandjean & Schellenberg, 2008). Nichtsdestotrotz gilt der Prozess der Entstehung musikbezogener Emotionen als fragil und als von vielen persönlichen und kontextuellen Faktoren abhängig (Liljeström, Juslin & Västfjäll, 2013; Mas-Herrero, Zatorre, Rodriguez-Fornells & Marco-Pallarés, 2014).

Allgemein herrscht zum aktuellen Zeitpunkt keine weitreichende Einigkeit über eine einheitliche Konzeptualisierung und Definition von Emotionen (Zentner, Grandjean & Scherer, 2008). Goschke und Dreisbach (2010) schlagen folgende Definition vor: „Emotionen sind psychophysische Reaktionsmuster, die auf mehr oder weniger komplexen Bewertungen einer Reizsituation beruhen, die mit einer Reihe peripherer physiologischer Veränderungen sowie der Aktivierung bestimmter zentralnervöser Systeme einhergehen, zu bestimmten Klassen von Verhalten motivieren, sich in spezifischer Mimik und Körperhaltung ausdrücken können und häufig (aber nicht notwendig) mit einer subjektiven Erlebnisqualität verbunden sind“ (S. 131). Weiterhin können Emotionen nach dem Circumplex-Modell nach Russell (1980) kategorisiert werden. Dieses unterteilt Emotionen auf den zwei Dimensionen *Valenz* (affektiv-emotionale Bewertung, auf einem Kontinuum von *Nichtgefallen* zu *Gefallen* des emotionalen Erlebens; im weiteren Verlauf der Arbeit diesbezüglich ebenfalls genutzte Bezeichnungen: *positive/positiv empfundene* und *negative/negativ empfundene Emotionen*) und *Arousal* (Intensität der erlebten Emotion und daraus resultierende emotionale Erregung/Aktivierung). Im Rahmen musikpsychologischer Untersuchungen nutzen Altenmüller und Kopiez (2005) folgende, leicht angepasste Definition musikbezogener Emotionen als „ein Reaktionsmuster, das sich auf vier Ebenen realisiert: a.) als subjektives Gefühl, b.) als motorische Äußerung z. B. als Ausdrucksverhalten in Mimik, Gestik, und Stimme, c.) als physiologische Reaktion des autonomen Nervensystems, z. B. als Gänsehaut, und d.) als bewusste Bewertung“ (S. 163) und verzichten damit auf den bei Goschke und

Dreisbach enthaltenen verhaltensbezogenen, motivationalen Aspekt. Weiterhin werden musikbezogene Emotionen häufig im *Evaluative space model* (Cacioppo, Gardner & Berntson, 1997) angeordnet. Dieses ergänzt Russels Modell um die Möglichkeit, positive und negative emotionale Aktivierungen unabhängig voneinander und somit gleichzeitig zu erleben und ermöglicht damit das beim Musikhören immer wieder simultane Auftreten positiver und negativer Emotionen (Schubert, 2013; Swaminathan & Schellenberg, 2015).

Hinsichtlich des analgetischen Effekts von Emotionen stehen ihre Valenz und Arousal in engem Zusammenhang. So steigt das Ausmaß der Schmerzminderung durch positive Emotionen mit wachsendem Arousal an. Dagegen liegt für negative Emotionen eine Steigerung von Schmerz bei leichtem und mittlerem Arousal vor, die mit wachsendem Arousal (innerhalb des leichten bis mittleren Bereichs) weiter zunimmt. Liegt allerdings ein hohes Arousal vor, wirken auch negative Emotionen schmerzlindernd (Rhudy, 2016).

Da musikbezogene Emotionen häufig als Teil einer Untergruppe von Emotionen, der sogenannten *ästhetischen Emotionen*, angesehen werden, ergeben sich einige Besonderheiten hinsichtlich der empfundenen Valenz. Ästhetische Emotionen werden im Kontext ästhetischer Erfahrungen gebildet und von „alltäglichen“, *utilitären Emotionen* abgegrenzt. Weil sie im Hinblick auf fiktive Situationen und Kunstinhalte gebildet werden, beziehen sich ästhetische Emotionen auf nicht handlungsrelevante, sondern auf von der individuellen Lebenssituation dissoziierte Situationen und finden in „sicheren“ Kontexten statt, in denen die emotionale Reaktion im Kontext einer die jeweilige Person nicht unmittelbar persönlich betreffenden Situation geschieht. Ästhetische Emotionen stellen daher sogenannte *disinterested emotions* dar, was zu abweichenden Bewertungen des emotionalen Erlebens führen kann (Martindale, 1988; Scherer, 2004; Schubert, 2013; Swaminathan & Schellenberg, 2015). In diesem Zuge ergibt sich bei ästhetischen Emotionen die Notwendigkeit einer Unterscheidung zwischen der *emotionalen Valenz* (Valenz der empfundenen Emotion) sowie der *affektiven Valenz* (finale affektiv-emotionale Bewertung, die aus dem Erleben der jeweiligen empfundenen Emotion im ästhetischen Kontext und des gesamten ästhetischen Vorgangs resultiert).¹ So kann das Erleben von Emotionen mit negativer emotionaler Valenz im ästhetischen Kontext zu einer positiven affektiven Valenz

¹ Die dargelegte Unterscheidung zwischen der emotionalen und der affektiven Valenz wird in der Folge begrifflich nur dann vollumfänglich dargestellt, wenn es in einem Abschnitt zu einer Behandlung beider Konstrukte kommt. In Abschnitten ohne die expliziten Ausformulierungen ist mit dem Begriff „positive Emotionen“ entsprechend gängiger Verwendung eine positive affektiv-emotionale Bewertung gemeint.

führen (Schubert, 2013). Ein solches Genießen von Emotionen mit negativer emotionaler Valenz konnte bei 25% von Musikepisoden nachgewiesen werden (Schubert, 2010, S. 41). Wichtige Einflussgrößen für das Genießen musikbezogener Emotionen mit negativer emotionaler Valenz stellen die Bekanntheit mit einem Lied und das Bestehen einer persönlichen Beziehung, bspw. in Form von assoziierten Erinnerungen, dar (Schubert, 2013; Swaminathan & Schellenberg, 2015). Des Weiteren werden beim Musikhören häufig auch spezielle Emotionen wie u. a. Staunen, Erleben von Melancholie, Gefühle von Transzendenz, Nostalgie, Zärtlichkeit, und Power ausgelöst, die eher ästhetischer als utilitärer Natur sind bzw. ästhetische Abwandlungen alltäglicher Emotionen darstellen (Zentner et al., 2008). Eine weitere Unterteilung von Emotionen im ästhetischen Kontext wird hinsichtlich der in einem Kunstobjekt wahrgenommenen Emotionen und der von den Rezipient*innen empfundenen Emotion vorgenommen (Hunter, Schellenberg & Schimmack, 2010). Insgesamt scheint aber bezüglich des analgetischen Effekts musikbezogener Emotionen die final resultierende affektive Valenz entscheidend und sowohl die Valenz der wahrgenommenen Emotionen als auch die emotionale Valenz nur insofern relevant, wie sie die affektive Valenz beeinflussen (Kenntner-Mabiala, Gorges, Alpers, Lehmann & Pauli, 2007; Roy, Peretz & Rainville, 2008).

Der emotionale Einfluss von Musik spiegelt sich neurophysiologisch in der Aktivierung zahlreicher, mit der Generierung von Emotionen verbundener Strukturen wider. So übt Musik einen starken Einfluss auf die Amygdala im limbischen System aus. Während des Hörens von sowohl positiv wie auch negativ bewerteter Musik zeigt sich eine starke Aktivität in der laterobasalen Amygdala, die eine zentrale Rolle bei der Verarbeitung und Evaluierung auditiver Stimuli einnimmt und möglicherweise den affektiven Bewertungsprozess von Musik realisiert. Weiterhin ist die Aktivierung der Amygdala eng mit der Ausschüttung von Endorphinen verbunden, welche mit positiven Empfindungen einhergehen (Koelsch, 2014). Gleichzeitig kann Musik auch zu einer Deaktivierung der Amygdala führen und kann so zu einer Unterbindung des Erlebens aufkommender negativer Emotionen führen (De Witte et al., 2019). Eine weitere von Musik beeinflusste neuronale Struktur ist der Nucleus accumbens im Striatum, der als ein zentraler Baustein der neuronalen Verarbeitung von Belohnungen gilt und aktiv ist, sobald Musik als angenehm empfunden wird. Seine Aktivierung ist mit einer verstärkten dopaminergen Aktivität und dem Erleben positiver Emotionen assoziiert, wohingegen funktionale Einschränkungen mit abgeschwächten emotionalen Reaktionen einhergeht (Koelsch, 2014). Weiterhin geht das Erleben

musikbezogener Emotionen mit einer Aktivierung des Hippocampus' einher, der ebenfalls eine gewichtige Rolle beim Erleben von Emotionen einnimmt. Seine Aktivierung ist außerdem über eine Verbindung mit der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HNNA) mit einer verringerten Ausschüttung von Cortisol und Minderung der neurologischen Stressreaktion verbunden, welche wiederum erneut das Erleben von positiven Emotionen fördern kann (Koelsch, 2014). Des Weiteren kommt es im Rahmen von positiv bewertetem Musikhören zur Ausschüttung zahlreicher neuroendokriner Stoffe, wie endogenen Opioiden und Oxytocin, die das Erleben positiver Emotionen und das Wohlbefinden fördern (Bernatzky et al., 2011; Blood & Zatorre, 2001).

Auf kognitiv-emotionaler Ebene wird davon ausgegangen, dass die beim Musikhören ausgelösten positiven Emotionen von negativen, durch Schmerz entstandenen Emotionen, Kognitionen und dem Schmerzempfinden selbst ablenken, diese überlagern oder modulieren, wobei die affektiv-emotionale Modulation durch Kognitionen einen größeren Einfluss als die reine Distraction von schmerzbezogenen Reizen einzunehmen scheint (Lu et al., 2020; Thoma et al., 2011). Konsistent damit trägt als angenehme bewertete Musik zu stärkerer Schmerzminderung als unangenehm empfundene Musik bei (Kenntner-Mabiala et al., 2007; Roy et al., 2008).

2.4 Stressminderung als weiterer möglicher Wirkfaktor der Schmerzminderung durch Musik und ein mögliches Zusammenspiel von Emotionen und Stress beim Musikhören

Stress wird als der Zustand definiert, den eine Person empfindet, wenn sie die Anforderungen einer Situation als ihre Ressourcen überschreitend oder ihr Wohlbefinden gefährdend wahrnimmt und beinhaltet eine multi-dimensionale Reaktion auf kognitiver, emotionaler und physiologischer Ebene (Lazarus & Folkman, 1984). Die Minderung von Stress nimmt allgemein eine zentrale Rolle bei gesundheitsförderlichen Effekten von Musik ein und kann durch die Förderung von Entspannung oder die Minderung von Anspannung geschehen (Thoma et al., 2011). Schmerzminderungen durch Musik treten sowohl durch die Verminderung physiologischer wie auch psychologischer Stressparameter ein (Koelsch, 2014). Diese Senkungen stellen nach der in diesem Zusammenhang wiederholt genannten *Neuromatrix Theory of Pain* und *Gate Control Theory* kognitive, emotionale und physiologische Einflussfaktoren auf Schmerz dar (De Witte et al., 2019).

Hinsichtlich psychologischer stressbezogener Konstrukte wie Nervosität, Unruhe, dem akuten Empfinden von Angst (*state anxiety*) und dem Empfinden von Sorgen wurde

bisher ein mittelgroßer Effekt von Musik ($d = .55$) sowie für physiologische Maße ein kleiner bis ebenfalls mittelgroßer Effekt (Effekt auf alle physiologischen Maße: $d = .38$; Herzrate: $d = .46$; Blutdruck: $d = .34$; Hormon-Level: $d = .35$) ermittelt, der sowohl zur Steigerung als auch Senkung dieser Parameter führen kann (De Witte et al., 2019, S. 1). Dabei zeigt sich in der Regel schon nach einer Interventionseinheit ein zeitnahe Effekt auf psychologische Stressmaße, der mit einer größeren Anzahl von Einheiten ansteigt (De Witte et al., 2019). Hinsichtlich des Vergleichs von Musiktherapie und -medizin konnte in Untersuchungen zu physiologischen Stressparametern kein Unterschied in der Effektgröße nachgewiesen werden (De Witte et al., 2019; Linnemann et al., 2015; Thoma et al., 2011). Lee (2016) wies weiterhin nach, dass Musik einen mittleren bis großen Effekt auf durch Schmerz verursachten Stress bzw. auf stressnahe Konstrukte im Kontext von Schmerz ausübt, wobei im klinischen Umfeld möglicherweise eine stärkere Stressminderung bei kleinen gegenüber größeren medizinischen Eingriffen besteht (Thoma et al., 2011). Da Schmerz häufig sowohl mit Stress vor als auch während des tatsächlichen Erlebens einhergeht, kann Stressminderung zu beiden Zeitpunkten zu einer Verringerung von Schmerz führen (Bernatzky et al., 2011). Musik kann dabei zu einer Unterbrechung eines dysfunktionalen Kreislaufes führen, in welchem Schmerz zu Stress führt, und dieser wiederum stärkeren Schmerz bedingt (Kuhlmann et al., 2018; Lu et al., 2020).

Als ein neuronaler Teil-Mechanismus des stress- und schmerzmindernden Effekts von Musik gilt der *Hypothalamic Changeover*: Musik-Interventionen gehen in der Regel mit einer Aktivierung des limbischen Systems einher, welche wiederum zur einer verringerten Aktivität in der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHNA) führt. Mit dieser hängt eine verminderte Cortisolausschüttung und resultierend eine niedrigere physiologische Stressreaktion sowie ein verringertes Schmerzerleben zusammen. Gleichzeitig ist eine limbische Aktivierung über den kortiko-limbischen Effekt auch mit einem direkten schmerzinhibitorischen Effekt verbunden. Die Aktivierung des limbischen Systems geht daher sowohl direkt als auch indirekt durch die Verringerung von Stress mit der Modulation von Schmerz einher (Bernatzky et al., 2011; Linnemann et al., 2015). Zusätzlich kommt es beim Musikhören zur Ausschüttung verschiedener Neurotransmitter, wie Opioiden und Oxytocin, die durch das Auslösen positiver Emotionen negativ mit Stress verbunden sind (De Witte et al., 2019; Panksepp & Bernatzky, 2002).

Der stressmindernde Effekt von Musik scheint von diversen kontextuellen,

musikalischen und persönlichen Aspekten beeinflussbar (Linnemann, Strahler & Nater, 2017; Nomura, Yoshimura, & Kurosawa, 2013). Beispielsweise senkt instrumentelle Musik Stress stärker als Musik mit Text (Good et al., 2000), da letztere eher aktivierend und ablenkend wirken kann. Koelsch et al. (2011) verweisen in diesem Zusammenhang aber darauf, dass Texte durchaus relaxierende Effekte haben können, wenn sie entsprechende Inhalte enthalten bzw. diese entsprechend empfunden werden. Thoma et al. (2011) kommen weiterhin zu dem Schluss, dass Auswirkungen von Musik auf die Aktivität der HNA vor allem auf ihre emotionale Wirkung (statt auf perzeptuelle Reizaktivierungen und deren kognitive Analyse) zurückzuführen sein könnten. Diese Ergebnisse nähren die Vermutung, dass die affektiv-emotionale Bewertung des Musikprozesses einen wichtigen Teilfaktor für den stressenkenden oder -steigernden Effekt von Musik haben könnte. Insgesamt scheint ein wechselseitiger Zusammenhang von positivem emotionalen Erleben und Stressminderung beim Musikhören zu bestehen. So kann das Erleben positiver Emotionen zu Stressminderung führen sowie eine verringertes Stresslevel das Erleben positiver Emotionen begünstigen (De Witte et al., 2019; Koelsch, 2014; Panksepp & Bernatzky, 2002; Thoma et al., 2011), sodass diese in einem funktionalem Zusammenspiel gemeinsam zum analgetischen Effekt von Musik beitragen könnten.

2.5 Das Phänomen musikbezogener Chills und ein möglicher Einfluss auf Schmerz

Ein mit dem Hören von Musik zusammenhängendes Phänomen sind Chills, welche alternativ auch als *thrills*, *frisson* oder *skin orgasms* bezeichnet werden (Bannister, 2018). Im Allgemeinen lässt sich ein Chill wie folgt definieren: "a discrete bodily event of high arousal that is often accompanied by psycho-physiological changes such as skin conductance increase or goose bumps and accompanying sensations like shivers or tingles down the spine" (Klepzig et al., 2020, S. 1), wenngleich zum Teil abweichende Definitionen und Konzeptualisierungen genutzt werden (Harrison & Loui, 2014). Musikbezogene Chills erstrecken sich in der Regel über einen Zeitraum von 3-4 Sekunden (Mori & Iwanga, 2014). Ein zentrales Untersuchungsmerkmal bezüglich des Zusammenhangs von Chills und Musik ist die Häufigkeit von Chillerlebnissen während einer Musikintervention, die seit längerem bei chillbezogenen Untersuchungen erhoben wird (Bannister, 2018; Mori & Iwanaga, 2017). In Anlehnung an Bannisters (2018) Verweis darauf, dass die Intensität sowohl intra- als auch interindividuell variieren kann, die Erhebung der Auftretenshäufigkeit dies aber nicht berücksichtigt, stellt weiterhin die Intensität von Chills eine wichtige

Untersuchungskomponente dar, die bisher aber wenig integriert ist. Hinsichtlich einzelner Musikstücke bleibt das Chill-Muster intra-individuell häufig stabil (Grewe, Nagel, Kopiez & Altenmüller, 2007). Gleichwohl sind musikbezogene Chills insgesamt schwer replizierbar (Klepzig et al., 2020) und werden eher selten erlebt. So liegen sie selbst bei intensiven Musikerfahrungen nur in 10% der Fälle vor (Gabrielsson & Lindström Wik, 2003). Das Auftreten musikbezogener Chills scheint mit dem Erleben von gemischten Emotionen, diversen Musikeigenschaften sowie der persönlichen Beziehung zur und dem Mögen der Musik zusammenzuhängen. Keinen Einfluss auf die Häufigkeit von Chill-Erleben scheinen dagegen das Alter, die musikalische Bildung sowie das Geschlecht zu haben (Grewe et al., 2007; Grewe, Katzur, Kopiez & Altenmüller, 2010), wenngleich es hinsichtlich letzterem auch konträre Befunde gibt (Benedek & Kaernbach, 2011). Allgemein lässt sich hinsichtlich musikbezogener Chills eine große Menge an offenen Fragen und theoretischen Leerstellen konstatieren (Klepzig et al., 2020).

Von Musik induzierte Chills gehen mit einem starken emotionalen Arousal einher und werden daher als Indikatoren für das Auftreten starker Emotionen beim Musikhören interpretiert (Gabrielsson, 2001; Klepzig et al., 2020). Analog dazu werden Chills v.a. bei subjektiv als emotional bedeutsam empfundenen Musikpassagen erlebt (Grewe et al., 2007, 2010). Die genaueren Charakteristika der mit Chills einhergehenden Emotionen sind dagegen bisher wenig erforscht. Jedoch erscheint es möglich, dass Chills vor allem im Zusammenhang mit gemischten Emotionen auftreten, die zugleich positive wie auch negative emotionale Valenz haben. So sind die häufigsten empfundenen Emotionen während musikbezogener Chills – das Empfinden von Angst sowie das Gefühl von Bewegtsein (engl: *awe*, charakterisiert durch eine Mischung aus Trauer und Freude) – negative bzw. gemischte Emotionen (Bannister, 2018). Nichtsdestotrotz durchläuft die affektive Valenz einen kontinuierlichen Anstieg kurz vor einem Chill-Ereignis und erreicht während dieses ihren Höhepunkt, sodass Chills mit angenehmen Empfindungen und positivem Affekt verbunden sind. Analog dazu zeigt sich die positive Bewertung von Chills als unabhängig von der in einem Lied wahrgenommenen Emotion (Mori & Iwanaga, 2017). Insgesamt werden musikbezogene Chills daher auch als Höhepunkte von positivem Empfinden (*peaks of pleasure*) beim Musikhören beschrieben (Blood & Zatorre, 2001; Grewe et al., 2007, 2010). Als starkes emotionales Erlebnis gehen sie weiterhin mit dem kognitiven Zustand intensiver Absorption und starkem Fokus und Konzentration auf die Musik einher,

die sogar zu einem gedanklichen „Verschmelzen“ mit der Musik führen kann (Laeng, Eidet, Sulutvedt & Panksepp, 2016).

Neurologisch spiegeln sich die mit musikbezogenen Chills einhergehenden positiven Empfindungen in entsprechenden physiologischen Veränderungen wider (Grewe et al., 2010). So weisen Chills Zusammenhänge mit der Aktivierung in neuronalen Strukturen auf, die stark mit Belohnung, Motivation, Emotionen und Arousal verbunden sind. Beispielsweise kommt es zu dopaminergen Reaktionen im Belohnungssystem des dorsalen und ventralen Striatums im mesolimbischen System, sowie zu Aktivierungen im Nucleus accumbens, Hypothalamus, Hippocampus, Insula, Gyrus cinguli, orbitofrontalen Kortex und ventral-medialen prä-frontalen Kortex (ebenfalls im mesolimbischen und limbischen System), welche mit Emotionen und Belohnungsempfindungen einhergehen (Blood & Zatorre, 2001; Klepzig et al., 2020; Koelsch, 2014). Im Vergleich zwischen dem Musikhören mit und ohne Chillerlebnisse konnte eine stärkere Aktivierung verschiedener neuronaler Strukturen, wie des Thalamus', der anterioren Insula sowie von Putamen und Nucleus caudatus sowie möglicherweise des Nucleus accumbens nachgewiesen werden, die stark mit der Modulation von Arousal und Emotionen verbunden sind (Klepzig et al., 2020). Umstritten ist dagegen momentan, ob eine häufig vermutete Aktivierung der Amygdala bei angenehm empfundenen musikbezogenen Chills (Altenmüller & Bernatzky, 2015; Blood & Zatorre, 2001; Koelsch, 2014) wirklich verlässlich nachweisbar (Klepzig et al., 2020) und wie das Ausbleiben einer solchen zu deuten ist.

Mögliche Zusammenhänge musikbezogener Chills mit Stress wurden bisher nicht explizit untersucht. Hinsichtlich stressbezogener physiologischer Parameter bleibt festzuhalten, dass die Chill-Reaktion mit einer kurzzeitigen Aktivierung des sympathischen autonomen Nervensystems (ANS) in Form einer Erhöhung von Herzfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz, Schweißproduktion sowie der elektrodermalen Aktivität (EDA) einhergeht (Altenmüller & Bernatzky, 2015; Klepzig et al., 2020). Diese bedeuten jedoch nicht automatisch das Erleben von Stress, da sie nur Indikatoren und Teilparameter von Stress darstellen. Kongruent mit Lazarus und Folkman (1984) kommen beispielweise Jamieson, Nock und Mendes (2012) zu dem Schluss, dass die kognitive Verarbeitung sowie die Aufmerksamkeit für ein physiologisches Arousal einen großen Einfluss darauf haben, ob selbiges als Stress empfunden wird oder nicht. Weiterhin erscheint es möglich, dass die oben dargestellte Aktivierungen, u. a. des Hippocampus' und die damit einhergehende

Beeinflussung der HNNA-Achse einen senkenden Effekt auf physiologische Stressparameter wie Cortisol, das subjektive Stressempfinden und Schmerz ausüben könnten (Koelsch, 2014). In diesem Zusammenhang ist weiterhin auf die genannte starke und affektiv positiv bewertete emotionale Aktivierung und den hohen Absorbierungs-Grad von Chills sowie den funktionalen Zusammenhang von positiven Emotionen und Stress zu verweisen, die zu einem möglichen stressmindernden Effekt führen könnten.

Mögliche Zusammenhänge musikbezogener Chills mit Schmerz wurden bisher nicht untersucht. Jedoch liegt wie dargestellt ein starker Zusammenhang mit sehr intensiven positiven Emotionen (Blood & Zatorre, 2001; Grewe et al., 2007, 2010) und damit mit einem der zentralen Vermittlungsmechanismen des analgetischen Effekts von Musik auf Schmerz (De Witte et al., 2019; Lee, 2016). Da positive Emotionen in einem engen Zusammenhang mit Stressminderung stehen, erscheint es weiterhin erwartbar, dass musikbezogene Chills auch mit Stressminderung und damit einem weiteren schmerzsenkenden Mechanismus von Musik einhergehen (De Witte et al., 2019; Koelsch, 2014; Panksepp & Bernatzky, 2002; Thoma et al., 2011). Daher erscheint es möglich, dass musikbezogene Chills zu vermindertem Erleben von Schmerz beitragen und das Erleben positiver Emotionen sowie die Verringerung von Stress Mediatoren dieses analgetischen Effekts musikbezogener Chills sind.

2.6 Zusammenfassung des bisherigen Standes und Identifizierung von Forschungslücken

Schmerz stellt eine mögliche Beeinträchtigung für Gesundheit und Wohlbefinden von Menschen dar (Lee, 2016), kann aber unter anderem durch den reflektierten Einsatz von Musikinterventionen abgeschwächt werden (Martin-Saavedra et al., 2018). Kongruent mit einer zentralen, multi-faktoriellen Schmerztheorie, der *Neuromatrix Theory of Pain* (Melzack, 1999), stellen positive Emotionen und Stressreduktion elementare Mechanismen des analgetischen Effekts von Musik dar, die weiterhin miteinander zusammenzuhängen scheinen (De Witte et al., 2019; Lee, 2016; Koelsch, 2014). Sehr starke positive Emotionen werden beim Musikhören unter anderem dann erlebt, wenn es zu Chillerlebnissen kommt (u. a. Bannister & Eerola, 2018; Blood & Zatorre, 2001). Ein Zusammenhang von Chillerlebnissen und der Minderung von Stress ist bisher nicht untersucht, scheint aber nach bisherigen Erkenntnissen vor allem durch den Einfluss positiver Emotionen auf Stress plausibel. Damit ist erwartbar, dass musikbezogene Chills mit zwei der zentralen Wirkfaktoren von Musik auf Schmerz auf vielversprechende Weise zusammenhängen. Daher könnten musikbezogene Chills mit der Minderung von Schmerz und seinen Teilelementen –

wahrgenommene Schmerzintensität und Schmerztoleranz – einhergehen und positive Emotionen sowie Stressreduktion Mediatoren dieses analgetischen Effekts musikbezogener Chills sein. Alle genannten Zusammenhänge sind zum aktuellen Zeitpunkt jedoch unerforscht.

2.7 Fragestellungen

- 1) Hängen musikbezogene Chills mit Minderung von Schmerz zusammen?
- 2) Vermitteln Stressminderungen und positive Emotionen mögliche Auswirkungen von Chills auf Schmerz?

2.8 Hypothesen

H1: Je häufiger und intensiver Chills während des Musikhörens erlebt werden, desto schwächer ist die akute Schmerzintensität.

H2: Verringerter subjektiver Stress und gesteigerte positive Emotionen medieren den senkenden Effekt von Chillhäufigkeit und -intensität auf die akute Schmerzintensität beim Musikhören.

H3: Je häufiger und intensiver Chills während des Musikhörens erlebt werden, desto höher ist akute Schmerztoleranz.

H4: Verringerter subjektiver Stress und gesteigerte positive Emotionen medieren den senkenden Effekt von Chillhäufigkeit und -intensität auf die akute Schmerztoleranz beim Musikhören.

Explorative Hypothesen:

Bei der vorliegenden Analyse wurden die untersuchten Variablen einem bestehenden Studiendesign entnommen (siehe 2.1 Ablauf & Untersuchungsdesign). In diesem fanden sich schmerzbezogene Variablen, die nicht eindeutig den dargestellten theoretischen Konstrukten zugeordnet werden konnten, für eine Untersuchung aber interessant erschienen und zu denen auch gerichtete Erwartungen formuliert werden konnte. Aufgrund der teilweise nicht-eindeutigen theoretischen Einordnung wurden die jeweiligen Schmerzvariablen anhand ihrer experimentellen Eigenschaften beschrieben.

H5: Je häufiger und intensiver Chills während des Musikhörens erlebt werden, desto stärker nimmt die vorliegende Schmerzintensität durch das Musikhören ab.

H6: Der verstärkende Einfluss von Chillhäufigkeit und -intensität beim Musikhören auf die Minderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik wird durch Minderung des subjektiven Stressempfindens und gesteigerte positive Emotionen mediiert.

H7: Je häufiger und intensiver Chills während des Musikhörens erlebt werden, desto schwächer steigt die vorliegende Schmerzintensität durch den Cold Pressor Test (CPT).

H8: Der verstärkende Einfluss von Chillhäufigkeit und -intensität beim Musikhören auf die Minderung des Anstiegs der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT wird durch Minderung des subjektiven Stressempfindens und gesteigerte positive Emotionen mediiert.

3. Methoden

3.1 Ablauf & Untersuchungsdesign

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der Mitarbeit der Studie *Music-based Intervention for the Reduction of Pain (MINTREP)*; in der Folge auch *Hauptstudie* genannt) des *Music and Health Labs* der psychologischen Fakultät der Universität Wien erstellt

(<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02991014>) und in das bestehende Versuchsdesign integriert. Zur Analyse wurden die im Oktober 2020 vorliegenden Erhebungsdaten genutzt, die ca. ein Drittel der von der Hauptstudie anvisierten Stichprobe enthielten. In der Folge wird der Studienablauf mit Fokus auf die für die vorliegende Arbeit relevanten und alle zum ausreichenden Verständnis der Hauptstudie nötigen Elemente beschrieben.

Inhalt der Hauptstudie ist der Vergleich dreier unterschiedlicher Arten von Musikinterventionen, die jeweils eine experimentelle Bedingung darstellen, und im Hinblick auf ihren Einfluss auf gesundheitsbezogene Variablen, vor allen Dingen auf stress- und schmerzbezogene Variablen, untersucht werden. In der vorliegenden Arbeit fanden jedoch keine Vergleiche zwischen den drei Interventionsarten statt, sodass die Daten aus den drei Bedingungen in einem Datensatz zusammengeführt und in allen folgenden Analysen gemeinsam ausgewertet wurden. Die folgende Darstellung dient daher der Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit. Es gab folgende Interventionsarten:

a) *Frequenzmoduliert („Verum“)*: fremdgewählte, d.h. nicht von den Versuchspersonen ausgewählte Musik, bestehend aus Samples der Genres Pop, Easy Listening/Schlager, Weltmusik/New Age Rock und Instrumental-Musik, die zum Teil wiederholt werden. Die Modulation erfolgte nach der kommerziell angebotenen Methode nach U. Conrady,

basierend auf der Methode der audiovisuellen Wahrnehmungsförderung (AVWF; Olbrich, Conrady & Olbrich, 2015) nach der polyvagalen Theorie nach Porges (2007). Zentrales Element war das Herausfiltern der Oberschwingungen tiefer Frequenzen aus dem Frequenzspektrum. Die Frequenzmodulation lag im wahrnehmbaren Bereich zwischen 50 und 4000 Hertz und wurde mit jedem Musik-Termin gesteigert. Nach ausschließlicher Modulation im tiefen Frequenzbereich an den ersten sieben Terminen, wurde die Musik während der Sitzungen acht bis zehn auch in die höheren Frequenzbereichen moduliert.

b) Placebo: fremdgewählte Musik (gleiche Samples wie in der Bedingung a)], jedoch ohne Frequenzmodulation.

c) Selbstgewählt: Musik ohne Frequenzmodulation. In dieser Bedingung wurden die Versuchspersonen um das Mitbringen von insgesamt 120 Minuten bevorzugter Musikstücke und Lieblingslieder gebeten, die im Labor entgegengenommen und zu den Musikterminen im Shuffle-Modus abgespielt wurden. Hinsichtlich des Genres oder Musikeigenschaften wurden ausdrücklich keine Vorgaben gemacht.

Nach Rekrutierung über öffentliche Aushänge und in sozialen Medien (häufig in musikbezogenen, aber nicht-professionellen Kontexten, wie in Hobby-Chören u. ä.) durchliefen interessierte Personen einen Screeningprozess hinsichtlich der Eignungskriterien (s. *Stichprobe*) und wurden anschließend per Zufall einer der drei genannten Musikinterventionen zugewiesen sowie mit Informationen zur Vorbereitung auf die Testtermine instruiert. Nach einem Baseline-Termin fanden während eines Zeitraums von ca. zwei Wochen insgesamt zehn Musiktermine in den Räumlichkeiten der Universität Wien statt. Zur Minimalisierung circadianer Störeffekte wurden nur Testungen zwischen 12 und 17 Uhr vorgenommen (Dumbell, Matveeva & Oster, 2016). Ab einer Stunde vor der Testung waren Essen, der Konsum aufputschender Substanzen, Rauchen, und sportliche Betätigung nicht erlaubt. Weiterhin durften am Tag der Testung keine Schmerzmedikamente eingenommen und kein Alkohol bzw. Drogen konsumiert werden. Die Testungen wurden durch zwei Testleiter*innen durchgeführt, wobei die jeweils die Musik abspielenden Testleiter*innen nur minimalisierten Kontakt mit den Testpersonen hatten, um eine Doppelverblindung hinsichtlich der genauen Zuteilung zumindest bei fremdgewählter Musik zu ermöglichen (in der Bedingung selbstgewählte Musik war dies nicht komplett zu gewährleisten, da die Entgegennahme der von der Versuchsperson zusammengestellten Musik beim Baseline-Termin durch eine Testleiterin 1 erfolgt). Es agierten nur weibliche

Personen als Testleiterin 1, um Gendereffekte bei den Schmerztests konstant zu halten. An den einzelnen Versuchsterminen wurde die jeweilige Versuchsperson durch die Testleiterin 1 empfangen und die Einhaltung der notwendigen Verhaltensregeln kontrolliert. Vor Beginn der Musikeinheit füllte die Versuchsperson bereits im Musikraum visuelle Analogskalen (VAS) zu Stress und Schmerz sowie Fragen zu ihrem persönlichen Wohlbefinden aus. Anschließend wurde für eine Stunde die Musik der zugewiesenen Interventionsart abgespielt. Die Versuchsperson saß dafür auf einem Liegestuhl und hörte die Musik über Kopfhörer. Die Testleiterin 1 verließ zu Beginn der Intervention den Raum, die Lautstärke konnte bei Wunsch jederzeit über den oder die sich hinter einer Stellwand befindlichen Testleiter*in 2 angepasst werden. Im Anschluss an das Musikhören wurden erneut die Selbstauskünfte zu Schmerz, Stress und dem Wohlbefinden sowie ein Fragebogen zur Musik („Musikfragebogen“) bearbeitet. An den Terminen 1, 3, 6 und 10 fanden im Anschluss Messungen der Schmerztoleranz und der Schmerzwahrnehmung durch den von der Testleiterin 1 angeleiteten CPT, sowie des Stresserlebens im Rahmen des CPT statt. Nach den zehn Musikterminen folgten ein Abschluss- sowie ein Follow-Up-Termin ohne Musikhören, bei dem diverse weitere Maße erhoben wurden. Die teilnehmenden Versuchspersonen erhielten bei Absolvierung der gesamten Testung eine Aufwandsentschädigung von 80€ bzw. bei Abbruch eine anteilmäßige Zahlung.

3.2 Stichprobe

Bei der Stichprobe handelte es sich um eine Anfallsstichprobe. Zugelassen zur Studienteilnahme waren Personen zwischen 18 und 35 Jahren, bei denen zum Zeitpunkt des Studienbeginns körperliche und geistige Gesundheit, sowie umfassende Deutschkenntnisse vorlagen. Professionelle Musiker*innen, Studierende der Musikwissenschaft oder ähnlichem sowie Personen mit absolutem Gehör waren nicht zur Teilnahme berechtigt, um das Risiko des Erkennens der Frequenzmodellierung und eine Aufhebung der Verblindung zu verringern. Weiterhin wurden Personen mit Tinnitus, Einschränkungen der Hörfähigkeit und starken, nicht durch Sehhilfen oder ähnliches kompensierbare Einschränkungen der Sehfähigkeit, kardiovaskulären Erkrankungen, Diabetes, arteriellen Verschlusskrankheiten (*artery occlusive disease*), Hyper-/Hypotension, Raynaud-Syndrome, irregulärem Menstruationszyklus, prä-menstrualem Syndrom, chronischen Schmerzen, schwangere und stillende Personen, Personen mit einer vorliegenden Major Depression, Angststörung, aktueller Essstörung oder in den vergangenen fünf Jahren, aktueller Substanzabhängigkeit

oder in den vergangenen zwei Jahren, aktueller oder ehemaliger Psychose, Schizophrenie oder bipolarer Störung, regelmäßigem und problematischem Konsum psychotischer oder schmerzstillender Drogen oder von Alkohol, und Personen, für die es nicht möglich war, über einen Zeitraum von 2.5 Stunden nicht zu rauchen und sich als entweder Frau oder Mann zu identifizieren, von der Studienteilnahme ausgeschlossen. Die Überprüfung der Voraussetzungen erfolgte über Selbstauskunft, teilweise gestützt durch die Verwendung bestehender (Screening-)Fragenbögen.

3.3 Apparaturen

Cold Pressor Test (CPT)

Eine zentrale Rolle für die Messung schmerzbezogener Variablen nahm der CPT (Lovallo, 1975) ein, der eine verlässliche und validierte Methode zur kontrollierten Schmerzinduktion darstellt (Ruscheweyh, Stumpenhorst, Knecht & Marziniak, 2010). Beim CPT wird zerstoßenes Eis und Wasser in einen Plastikeimer gefüllt und die Wassertemperatur durch apparatgestützte Wasserzirkulation bei ca. 1 Grad gehalten, im vorliegenden Design bei maximal 4 Grad. Die Versuchspersonen wurden gebeten, ihre dominante Hand so lange wie trotz der Kälte möglich in das Wasser zu halten (maximal drei Minuten), wobei im vorliegenden Design soziale Einflüsse durch Blicken auf eine Wand und Abwenden der gegenwärtigen Versuchsleiterin minimiert werden sollten. Der CPT wurde an den Terminen 1, 3, 6, und 10 durchgeführt; dies wurde den Versuchspersonen jedoch nicht im Voraus mitgeteilt, um antizipative Effekte auszuschließen.

Apparaturen zum Abspielen der Musik

Die frequenzmodulierte Musik wurde über zwei mit Touchscreen versehene Computer abgespielt, die mit Audioverstärker in einer Holzkonstruktion verbaut waren und über mehrere Audiokanäle verfügten. An diese konnten Kopfhörer angeschlossen werden, deren Lautstärke per Drehknopf regulierbar war. Die Abspielapparaturen befanden sich im Abspielraum hinter einer Stellwand und waren für die Versuchspersonen nicht sichtbar. Eines der äußerlich identen Geräte fungierte als *Verum*-Gerät zum Abspielen der frequenzmodulierten Musik, während die Wiedergabe der Placebo- und selbstgewählten Musik auf dem „*Null*-Gerät“ erfolgt. Die Musik aller drei Bedingungen wurde mittels der speziellen AVWF-Software *AVWF rot* abgespielt, in welchem nach korrekter Musikauswahl mithilfe des Manuals die Wiedergabe in einem herkömmlichen Musikplayer (Windows

Media Player) begann. Als Kopfhörer wurde ein hochwertiges Modell der Firma *beyerdynamic* (Heilbronn, Deutschland) genutzt. Aus Gründen der Verblindung wurde die ursprünglich das AVWF-Logo enthaltende Beschriftung der Kopfhörer unkenntlich gemacht.

3.4 Messinstrumente und Operationalisierungen

Chillhäufigkeit

Die Chillhäufigkeit wurde im Anschluss an jede Musiksitzung in Bezug auf diese als Teil des Musikfragebogens im Paper-Pencil-Format erfragt. In Anlehnung an Einzelitems des *Music Preference Questionnaire (Revised version; MPQ/MPQ-R; dt. Fassung; Nater, Krebs & Ehlert, 2005)* erfolgte die jeweilige Erhebung durch eine visuelle Analogskala von 0-100 (VAS; Länge 10 cm, Abmessung und Auswertung in Millimetern, Endbeschriftungen: „gar nicht“; „fast immer“), auf denen die Versuchspersonen per Kreuz folgende Frage beantworten sollten: „Bitte geben Sie an, *wie oft* Sie heute beim Hören der Musik Chills erlebt haben“. Hinsichtlich des Zusammenhangs mit den Variablen des CPT wurden in der Analyse ausschließlich die Daten der Musiktermine genutzt, an denen auch der CPT durchgeführt wurde (Termine 1, 3, 6, 10). Hinsichtlich des Zusammenhangs mit Variablen an allen Musikterminen (Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch das Musikhören und Veränderung des subjektiven Stressempfindens durch die Musik) wurden alle Musiktermine miteinbezogen. Über die verwendeten Items (und den MPQ im Allgemeinen) liegen laut Kenntnis des Autors der vorliegenden Arbeit keine psychometrischen Daten vor.

Chillintensität

Die Erhebung erfolgte ebenfalls als Teil des Musikfragebogens via VAS hinsichtlich der Frage „Falls Sie heute Chills erlebt haben, als *wie intensiv* haben Sie diese erlebt?“ (0-100, 10 cm, Abmessung in mm, Endbeschriftungen: „kaum spürbar“; „überwältigend stark“). Das Item wurde ebenfalls dem MPQ entnommen, die Anpassung der Auswertung im Hinblick auf CPT-Variablen erfolgte analog zur Chillhäufigkeit.

Akute Schmerztoleranz

Die Schmerztoleranz wurde durch die Dauer in Sekunden beim CPT gemessen, nach der die Versuchsperson angab, ihre Hand aus dem Wasser zu ziehen (da sich die jeweilige Versuchsleiterin beim CPT zur Verhinderung sozialer Einflüsse abwendete).

Schmerzintensität:

Akute Schmerzintensität

Die Schmerzintensität wurde über eine VAS im Anschluss an den CPT erfragt, mit der die jeweilige Versuchsperson ihre Zustimmung zur Aussage „Der Test war schmerzhaft“ zum Ausdruck bringen sollte. Die VAS reichte von 0 („keine Zustimmung“) bis 10 („volle Zustimmung“ (10 cm, Abmessung in Millimetern).

Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch das Musikhören

Das allgemeine Schmerzempfinden wurde via VAS (0-10, 10 cm, Abmessung in Millimetern, „keine Zustimmung“; „volle Zustimmung“) direkt vor sowie nach dem Musikhören via Zustimmung zur Aussage „Ich habe Schmerzen“ gemessen und in der Auswertung die Differenz der Werte vor dem Musikhören (Prä) minus nach dem Musikhören (Post) berechnet.

Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT

Das Schmerzempfinden um den CPT wurde via VAS (0-10, 10 cm, Abmessung in Millimetern, „keine Zustimmung“; „volle Zustimmung“) direkt vor sowie nach der Durchführung des CPTs via Zustimmung zur Aussage „Ich habe Schmerzen“ gemessen. In der Auswertung wurde die Differenz dieser Werte als Differenz der Schmerzintensität nach dem CPT minus der Schmerzintensität vor dem CPT berechnet, weil ein Anstieg der Schmerzintensität nach dem CPT erwartet wurde.

Subjektives Stressempfinden:

Veränderung des subjektiven Stressempfindens durch die Musik

Die Versuchspersonen füllten sowohl direkt vor als auch nach dem Musikhören eine VAS (0-10, 10 cm, Abmessung in Millimetern) zu ihrem aktuellen Stressempfinden aus, indem sie ihre Zustimmung zur Aussage: „Ich fühle mich gestresst“ darstellten. Zur Auswertung wurde die Differenz der beiden Werte berechnet (Prä minus Post).

Subjektives Stressempfinden beim CPT

Die Versuchspersonen füllten sowohl direkt als auch nach der Durchführung des CPTs eine VAS (10cm, 0-10, Abmessung in Millimetern) zu ihrem aktuellen Stressempfinden aus. Zur Auswertung wurde die Differenz der beiden Werte berechnet.

Positive Emotionen (Emotionen mit positiver affektiver Valenz)

Eine angemessene Operationalisierung unter Rückgriff auf das vorliegende Design war nicht möglich. Eine ausführliche diesbezügliche Erörterung findet sich im Diskussionsteil.

4. Analyse & Ergebnisse

4.1 Stichprobe, fehlende Werte und Analysen zum Versuchsablauf

Aus dem zum Analysebeginn bestehenden Gesamtdatensatz wurden sechs Datensätze wegen frühzeitigen Abbruchs der Versuchsreihe ausgeschlossen. Die zur Analyse herangezogene Stichprobe umfasste anschließend 25 Versuchspersonen im Alter von 20-35 Jahren ($m = 26.21$; $sd = 4.0$), von denen 15 Personen (60%) angaben, weiblich zu sein. Acht Personen (32%) waren in der *Verum*-Bedingung, neun Personen (36%) in der *Placebo*-Bedingung, sowie acht weitere Personen in der *selbstgewählten*-Bedingung. Wie bereits erwähnt, fanden keine Vergleiche zwischen den drei Interventionsarten statt, sodass die Daten aus den drei Bedingungen in einem Datensatz zusammengeführt und in allen folgenden Analysen gemeinsam ausgewertet wurden. Aufgrund von Ausschlüssen von Ausreißern wurden die einzelnen (Unter-)Fragestellungen anhand von jeweils leicht alternierenden Stichproben untersucht, in denen nicht alle Versuchspersonen enthalten waren. Die jeweiligen Stichproben wichen daher zum Teil in den genannten Nennwerten von der obigen Darstellung ab, taten dies jedoch aufgrund des geringen Ausschlusses in einem als sehr geringfügig erwartbaren Rahmen. Allein für die Analyse der allgemeinen Schmerzveränderung mussten mit den Daten von sechs Versuchspersonen als (Teil-)Missings bzw. als Ausreißer eine größere Anzahl ausgeschlossen werden. In der resultierenden Stichprobe waren 20 Versuchspersonen (21-35 Jahre, $m = 26.45$, $sd = 4.09$; 13 VPn weiblich [65%], 4 VPn [20%] in der *Verum*-Bedingung, 8 [40%] in der *Placebo*-Bedingung und 8 in der Bedingung *Selbstgewählt*).

Insgesamt 13 fehlende Variablen-Werte wurden durch Berechnung von Durchschnittswerten mit verringerter Anzahl an Messpunkten sowie in zwei weiteren Fällen durch die Imputation mit dem Durchschnittswert der Versuchspersonen in der jeweiligen Variable kompensiert (siehe *Anhang A*). Während der Musiktermine konnte ein sehr geringes Ausmaß an potenzieller Störung des Ablaufes durch Schlafen festgestellt werden, da in nur zwei Musikeinheiten nach Angaben der jeweiligen Versuchspersonen mehr als 30

Minuten geschlafen wurde (es fanden keine separate Analyse aufgrund zu geringer Anzahl und kein Ausschluss dieser Termine statt).

4.2 Direkter Effekt von Chills auf Schmerz

Zur Untersuchung des Effekts von Chills auf Schmerzvariablen wurden mehrere Regressionsanalysen mit dem Programm *IBM SPSS Statistics 25* durchgeführt. Während der CPT-Termine lag die durchschnittliche Chillhäufigkeit auf einer Skala von 0-100 bei $m = 7.35$ ($sd = 9.93$; Range: 0.00; 35.13) und die durchschnittliche Chillintensität bei $m = 10.42$ ($sd = 14.49$; Range: 0.00-52.00). Unter Einbezug aller zehn Termine lag die durchschnittliche Chillhäufigkeit bei $m = 7.78$ ($sd = 7.60$, Range: 0.00; 31.75) und die durchschnittliche Chillintensität bei $m = 10.88$ ($sd = 10.56$, Range: 0.00; 34.40).

a) Effekt von Chills auf die akute Schmerzintensität

Die durchschnittliche akute Schmerzintensität beim CPT betrug auf einer Skala von 0-100 $m = 42.25$ auf ($sd = 20.21$, Range: 0.25; 86.00). Es lag keine Kollinearität der Prädiktoren vor ($VIF = 3.82$, *Toleranz* = 0.26). Nach Ansicht der partiellen Diagramme mit LOESS-Glättung (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2) konnte kein linearer Zusammenhang der Chillvariablen mit der akuten Schmerzintensität erkannt werden. Die Verteilung schien stattdessen bei der Chillhäufigkeit am besten durch eine quadratische Modellierung und bei der Chillintensität durch eine quadratische oder kubische Modellierung abbildbar, weswegen explorativ zwei entsprechende Modelle berechnet wurden. Für das Modell mit beiden Prädiktoren in quadratischer Form wurden schrittweise drei Datensätze von der Analyse ausgeschlossen, da die Prüfwerte für Ausreißer sehr hoch waren (ursprüngliche höchste Werte: *Mahalanobis-Abstand* = 19.66; *Cook-Abstand* = 1.8; *zentraler Hebelwert* = .82, Grenzwert = 0.36; resultierende Werte nach Ausschluss: *Mah.* = 15.01; *Cook* = 0.34; *z. Heb.* = 0.72). Eine weitere Verringerung der Werte war bei weiterem Ausschluss nicht möglich. Die Normalverteilung der Residuen (graphische Überprüfung s. *Anhang B.1* und *B.2*; std. Residuen: 1.98; 1.73) war gegeben, jedoch keine Homoskedastizität (s. *Anhang B.3*), weswegen zur Parameterschätzung und Signifikanzprüfung auf Bootstrapping zurückgegriffen wurde (Field, 2009, S. 163). Das Modell war nicht signifikant ($p = .15$; $F[4,17] = 1.95$; $R^2 = .32$; $korr.R^2 = .15$). Bei der Überprüfung des Modells mit quadrierter Chillhäufigkeit und kubischer Chillintensität als Prädiktoren wurden drei Datensätze wegen hoher Ausreißerstatistiken schrittweise von der Analyse ausgeschlossen (höchste Werte vor

Ausschluss: *Mah.* = 22.14, *Cook* = 2.09, *z. Heb.* = .92, *Grenzw.* = 0.36; nach Ausschluss: *Mah.* = 15.62, *Cook* = .56, *z. Heb.* = .74). Eine weitere Absenkung durch zusätzliche Ausschlüsse konnte nicht erreicht werden, weswegen auf selbige verzichtet wurde. Die Normalverteilung der Residuen war ausreichend gegeben (s. *Anhang B.4* und *B.5*, std. Residuen: -2.23; 1.79), jedoch lag keine ausreichende Homoskedastizität vor, weswegen auf Bootstrapping zurückgegriffen wurde (s. *Anhang B.6*). Das Modell war nicht signifikant ($p = .23$; $F[5,16] = 1.54$; $R^2 = .33$; $korr.R^2 = .11$).

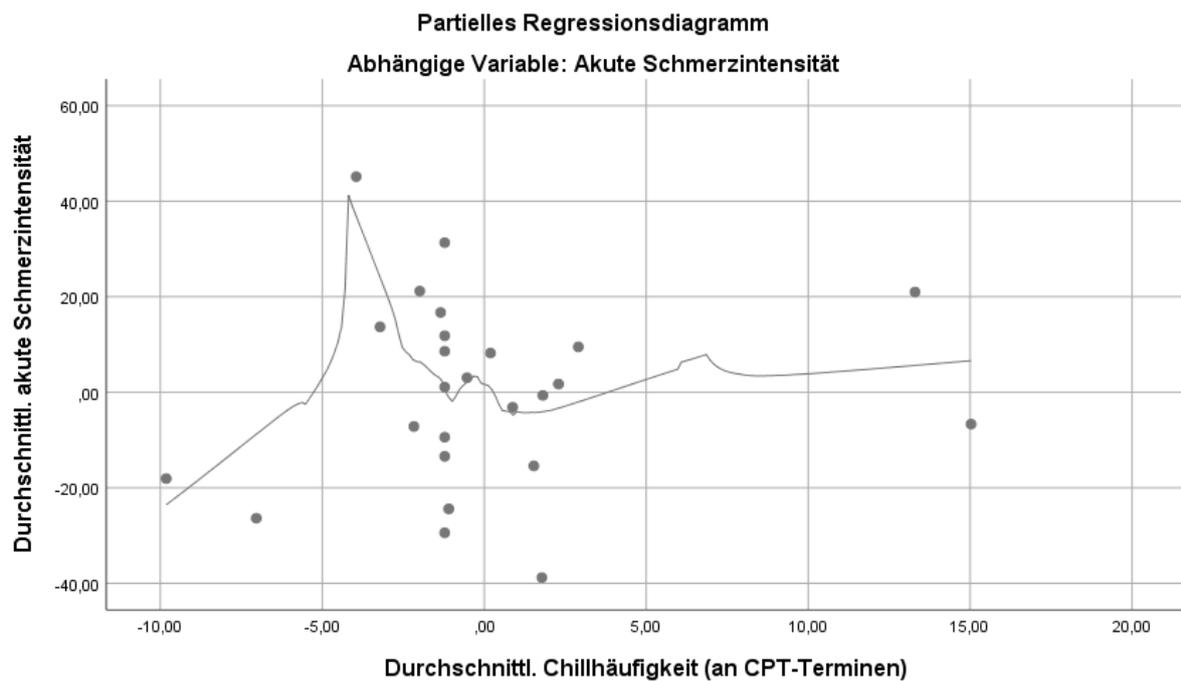


Abbildung 1. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerzintensität und der Chillhäufigkeit (an CPT-Terminen).

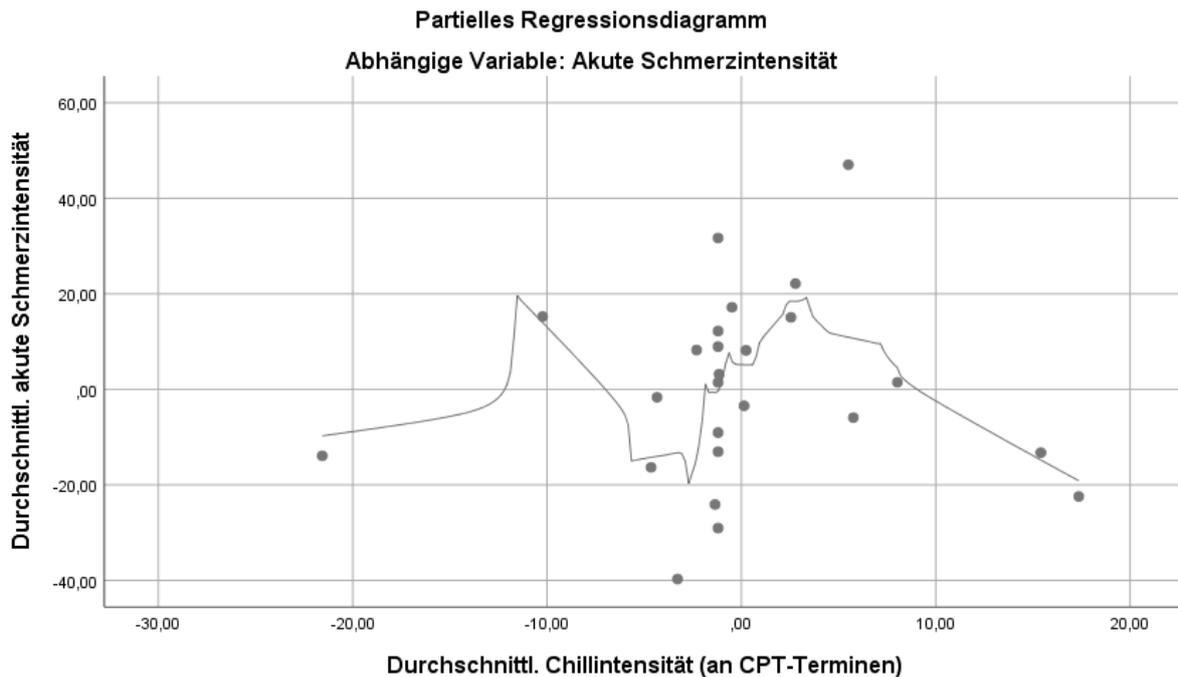


Abbildung 2. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerzintensität und der Chillintensität (an CPT-Terminen).

b) Effekt von Chills auf die akute Schmerztoleranz

Die durchschnittliche CPT-Dauer lag bei $m = 48.5$ Sekunden (Range: 6.6; 135.8; $sd = 32.23$). Es lag keine Kollinearität zwischen den Prädiktoren vor ($VIF = 3.82$; Toleranz = .26). Nach Ansicht der partiellen Diagramme (Abbildung 3 und Abbildung 4) konnten sowohl hinsichtlich der Chillhäufigkeit als auch der -intensität keine linearen, sondern hinsichtlich der Chillhäufigkeit am ehesten ein quadratischer und hinsichtlich der Chillintensität ein quadratischer oder kubischer Zusammenhang mit der Schmerztoleranz erkannt werden, weswegen explorativ zwei entsprechende Modellierungen überprüft wurden. Im Modell mit quadrierter Chillhäufigkeit und Chillintensität lagen hohe Werte zur Detektion von Ausreißern vor (höchste Werte: $Mah. = 19.66$; $Cook = 5.23$; $z. Heb. = .16$, Grenzwert = .72), weswegen die Daten von vier Versuchspersonen schrittweise von der Analyse ausgeschlossen wurden (result. Werte: $Mah. = 13.95$; $Cook = .25$; $z. Heb. = .69$). Da zwar Homoskedastizität (s. Anhang C.3), jedoch nicht die Normalverteilung der Residuen ausreichend gegeben war (std. Residuen = -1.22; 2.43; s. Anhang C.1 und C.2), wurde auf Bootstrapping zurückgegriffen. Das errechnete Modell war nicht signifikant ($p = .23$; $F[4,16] = 1.55$; $R^2 = .28$; $korr.R^2 = .10$). Im Modell mit quadrierter Chillhäufigkeit und kubischer Chillintensität waren die ursprünglichen Werte zur Detektion von Ausreißern sehr hoch

(höchste Werte: *Mah.* = 22.41; *Cook* = 33.71; *z. Heb.* = .92, Grenzwert = 0.72), weswegen drei Datensätze schrittweise von der Analyse ausgeschlossen wurden (result. Werte: *Mah.* = 15.62; *Cook* = 0.74; *z. Heb.* = .744). Die Normalverteilung der Residuen war ausreichend gegeben (s. *Anhang C.4* und *C.5*; std. Residuen = -1.31; 2.02;). Da keine ausreichende Homoskedastizität sichergestellt werden konnte (s. *Anhang C.6*), wurde auf Bootstrapping zurückgegriffen. Das resultierende Modell war nicht signifikant ($p = .15$; $F[5,16] = 1.91$; $R^2 = .37$; $korr.R^2 = .18$).

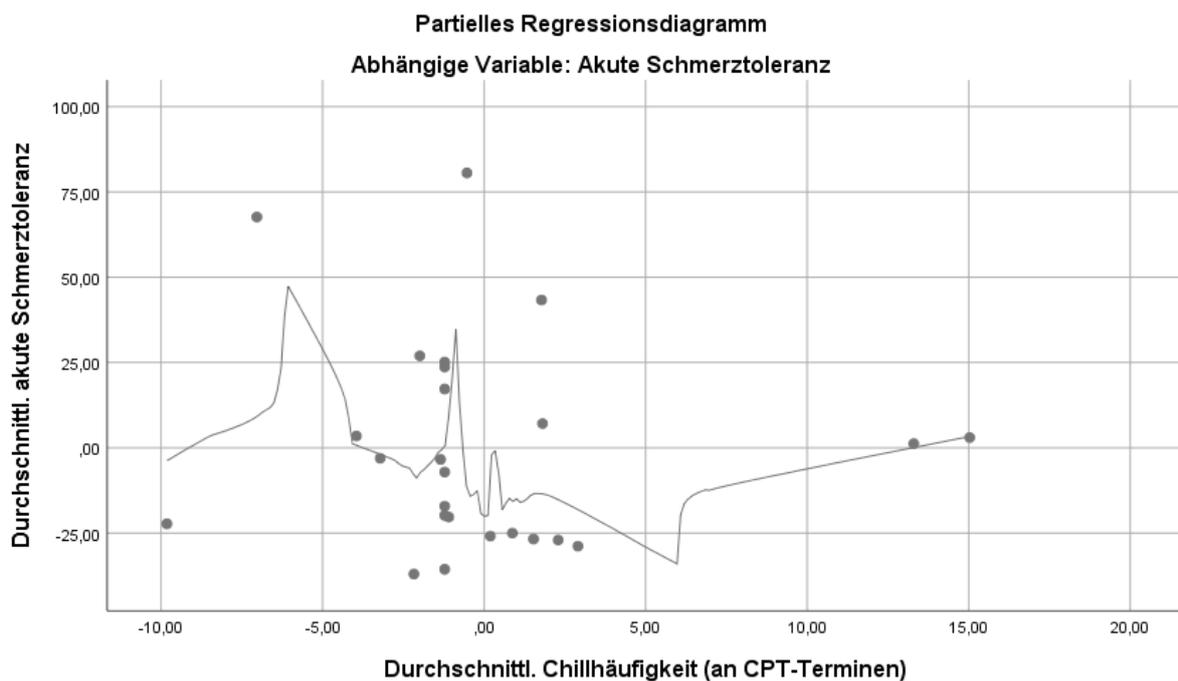


Abbildung 3. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerztoleranz und der Chillhäufigkeit (an CPT-Terminen).

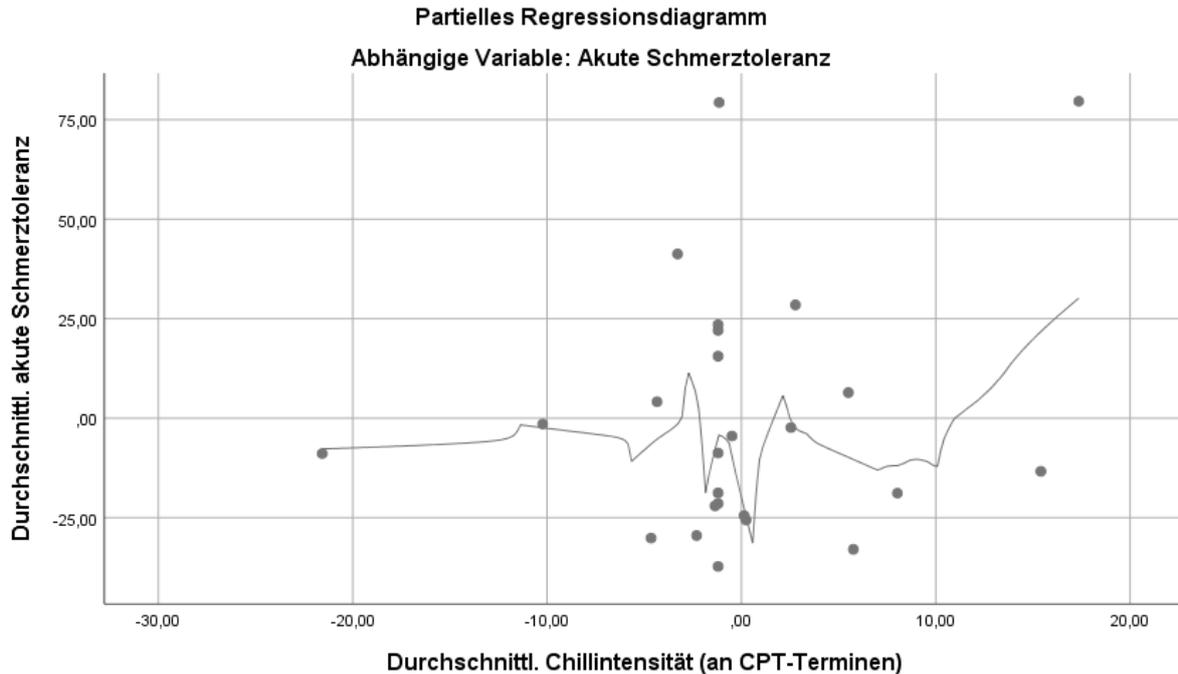


Abbildung 4. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerztoleranz und der Chillintensität (an CPT-Terminen).

c) *Effekt von Chills auf die Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT*
Die durchschnittliche Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT betrug $m = 19.58$ ($sd = 14.19$, Range: 0.25; 50.75). Die Schmerzintensität vor dem CPT betrug dabei durchschnittlich $m = 3.81$ ($sd = 5.51$, Range: 0.00; 26.25), im Anschluss lag sie bei $m = 27.26$ ($sd = 18.11$, Range: 0.25; 63.50). Bei Betrachtung der beiden partiellen Diagramme (mit Unterstützung durch LOESS-Glättung; siehe Abbildung 5 und Abbildung 6) wurden keine linearen, sondern am ehesten quadratische (Chillhäufigkeit) und kubische (Chillintensität) Zusammenhänge erkannt, weswegen explorativ ein entsprechendes Regressionsmodell berechnet wurde. Es lag keine Kollinearität der Prädiktoren vor ($VIF = 3.82$, $Toleranz = .26$). Nach Ansicht der Prüfwerte zur Detektion von Ausreißern ($Mah. = 22.14$, $Cook = 5.86$, $z. Heb. = 0.23$, Grenzwert = .36) wurden schrittweise drei Datensätze von der Analyse ausgeschlossen (result. Werte: $Mah. = 15.62$; $Cook = 0.77$; $z. Heb. = .74$). Eine weitere relevante Absenkung der Kennwerte konnte durch weitere Ausschlüsse nicht erreicht werden. Die Normalverteilung der Residuen (s. Anhang D.1 und Anhang D.2; std. Residuen = -1.84; 1.88) sowie Homoskedastizität (s. Anhang D.3) waren nicht gegeben bzw. fraglich, weswegen auf Bootstrapping zurückgegriffen wurde. Das Modell war nicht signifikant ($p = .34$, $F[5,16] = 1.23$, $R^2 = .277$, $korr.R^2 = .05$).

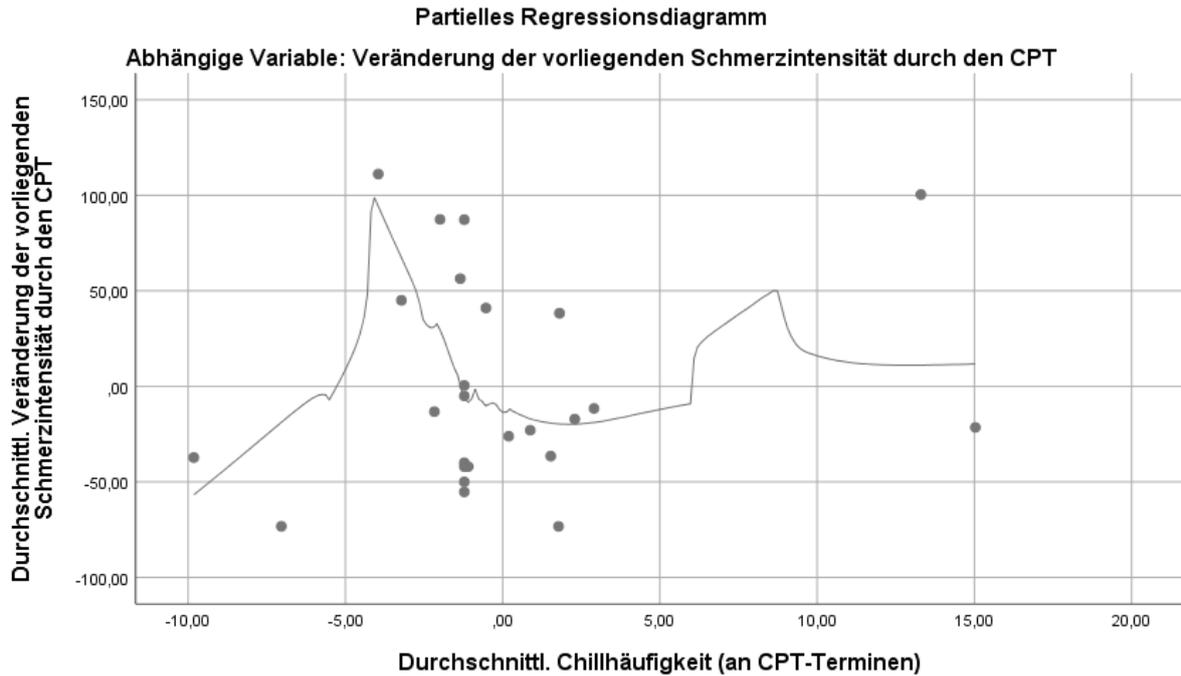


Abbildung 5. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT und der Chillhäufigkeit.

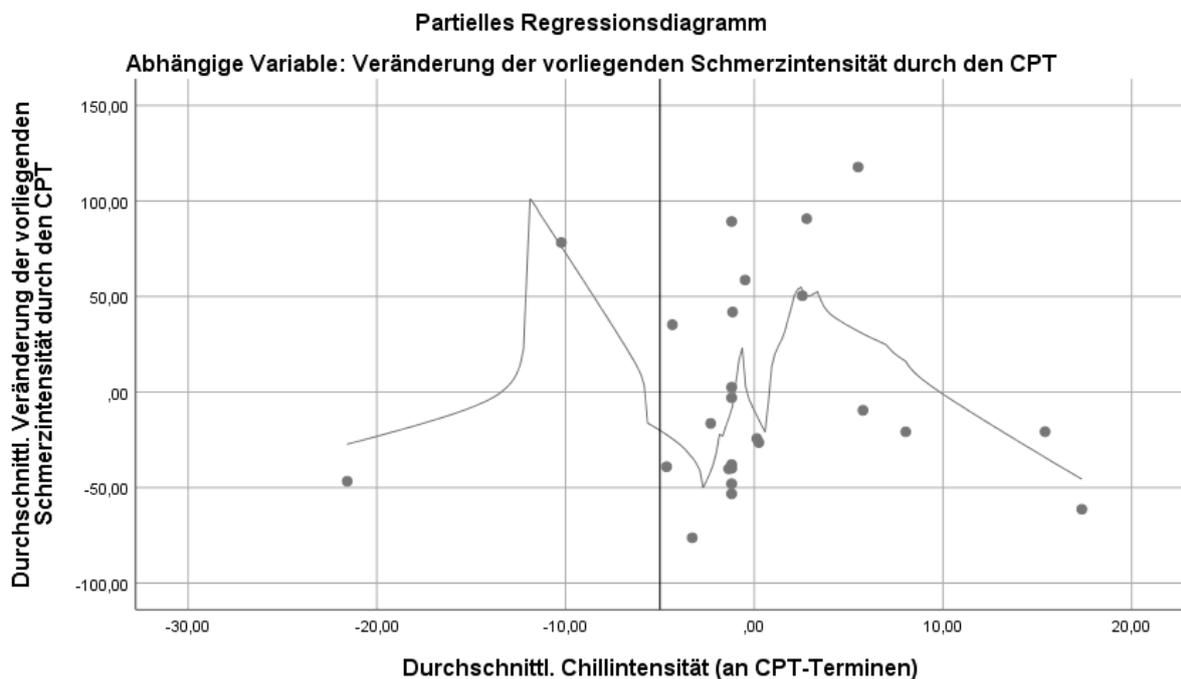


Abbildung 6. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT und der Chillintensität.

d) *Effekt von Chills auf die Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik*

Zusätzlich zum Ausschluss der Datensätze von fünf Versuchspersonen wegen fehlender Werte wurde für das erstellte lineare Modell eine weitere Versuchsperson als Ausreißer ausgeschlossen (ursprüngliche höchste Werte: *Mah.* = 10.24, *Cook* = .87, *z. Hebel.* = .51, *Grenzw.* = .42; result. Werte: *Mah.* = 6.72, *Cook* = .86, *z. Hebelw.* = .35). Die durchschnittliche Chilhäufigkeit lag in dieser reduzierten Stichprobe bei $m = 7.66$ ($sd = 5.97$, Range: 0.00; 20.30) und die durchschnittliche Chillintensität bei 11.61 ($sd = 10.25$, Range: 0.00; 34.40) beides in Bezug auf alle Musiktermine). Beide Chillvariablen waren damit vergleichbar mit den Werten in der kompletten Stichprobe an allen sowie an CPT-Terminen. Das durchschnittliche Schmerzempfinden vor dem Musikhören lag bei $m = 1.03$ ($sd = 2.10$, Range: 0.00; 7.70), nach dem Musikhören ebenfalls bei $m = 1.03$ ($sd = 2.09$, Range: 0.00; 7.70). Die durchschnittliche Differenz zwischen der Schmerzintensität vor und nach dem Musikhören lag bei $m = 0.00$ ($sd = 0.51$; Range: -1.40; 1.30). Es lag keine Kollinearität zwischen den Prädiktoren vor ($VIF = 2.88$; *Toleranz* = .35). Die partiellen Diagramme wiesen auf einen linearen Zusammenhang beider Prädiktoren mit der Veränderung des Schmerzempfindens durch die Musik hin (s. Abbildung 7 und Abbildung 8). Da keine Normalverteilung der Residuen (s. *Anhang E.1* und *E.2*; std. Residuen: -2.32; 2.44) gegeben und die Homoskedastizität (s. *Anhang E.3*) fraglich war, wurde auf Bootstrapping zurückgegriffen. Das berechnete lineare Modell war nicht signifikant ($p = .73$; $F[2,16] = .32$, $R^2 = .04$, $korr.R^2 = -0.8$).

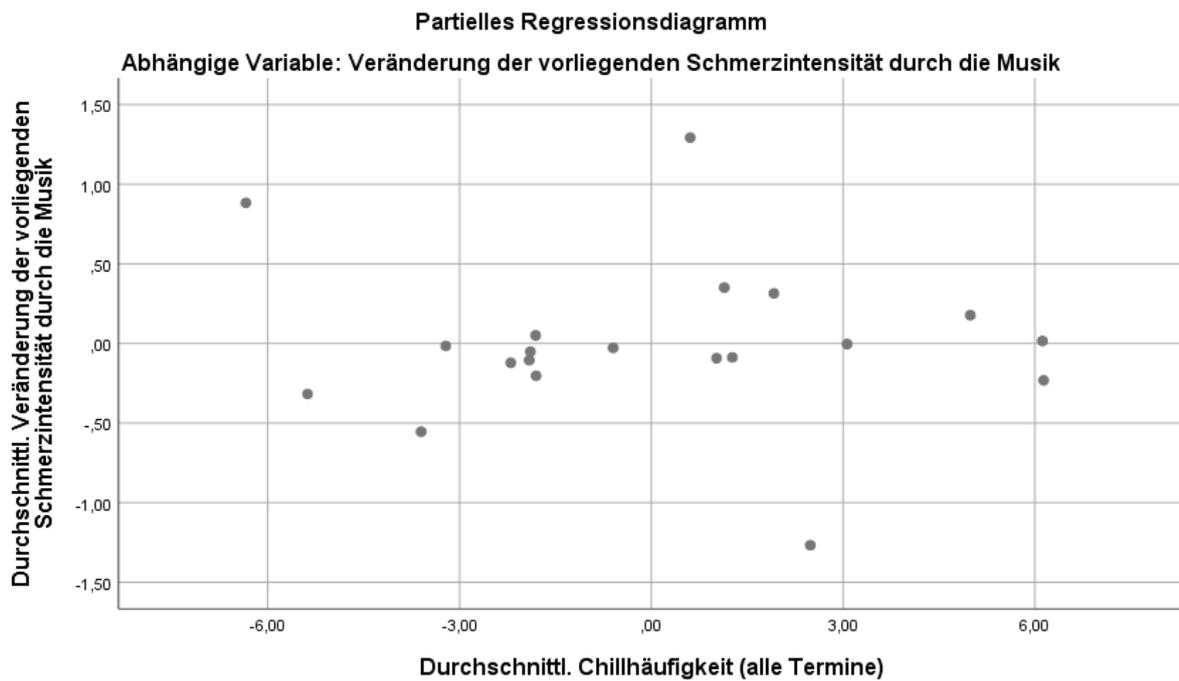


Abbildung 7. Partielles Regressionsdiagramm zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik und der Chillhäufigkeit (alle Termine).

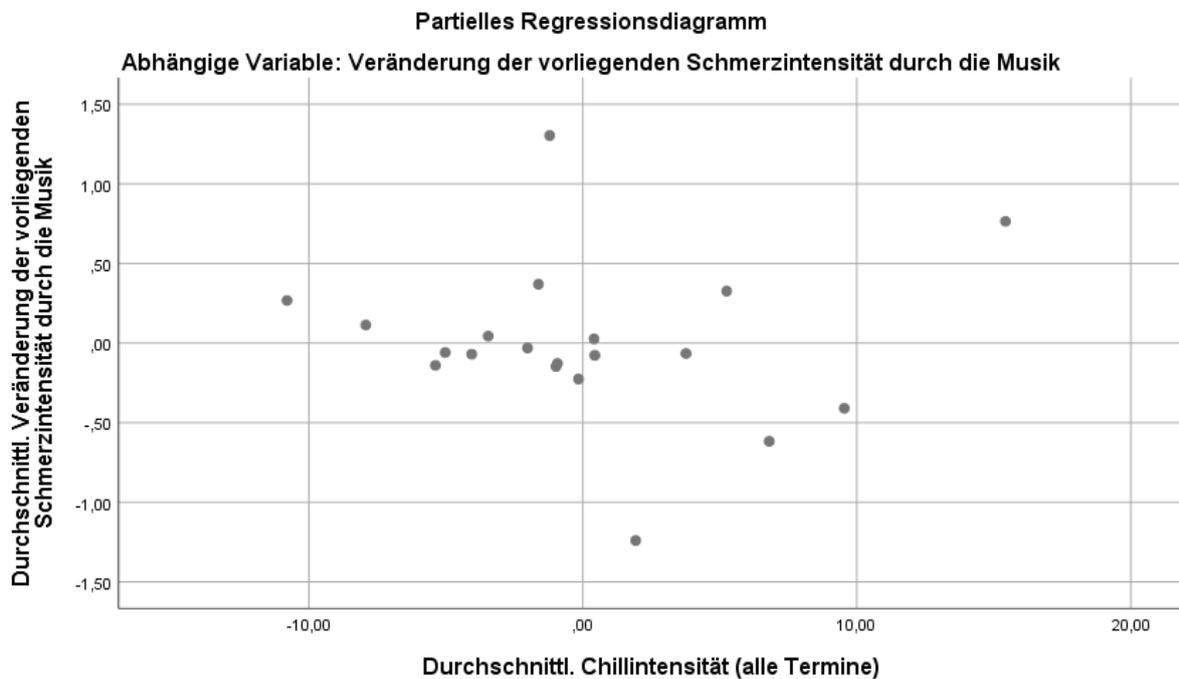


Abbildung 8. Partielles Regressionsdiagramm zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik und der Chillintensität (alle Termine).

4.3 Vermittlung eines möglichen analgetischen Effekts durch positive Emotionen und Stresssenkung

Hinsichtlich möglicher Vermittlungen der Effekte von Chillvariablen auf Schmerzvariablen durch Stress und positive Emotionen wurden mehrere Mediationsanalysen mit dem *PROCESS*-Makro (Version 3.5) von Andrew F. Hayes in SPSS geplant. Da in den vorrausgehenden Analysen hinsichtlich eines Effekts von Chills auf Schmerzvariablen jedoch keine selbigen gefunden wurde, war eine zentrale Voraussetzung für eine Mediationsanalyse nicht gegeben (Baron & Kenny, 1986), weswegen keine Durchführung stattfand.

5. Diskussion

In den durchgeführten Analysen wurden mögliche Effekte von Chillhäufigkeit und -intensität auf unterschiedliche Schmerzkonstrukte untersucht, namentlich die akute Schmerzintensität, die akute Schmerztoleranz, die Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT sowie die Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik. In der grafischen Überprüfung konnten hinsichtlich der akuten Schmerzintensität, der akuten Schmerztoleranz und der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT keine der erwarteten konsistent positiven Zusammenhänge zwischen den Chill- und den Schmerzvariablen erkannt werden. Stattdessen schienen die Daten in fast allen Fällen auf quadratische (Chillhäufigkeit und -intensität) und/oder kubische (Chillintensität) Zusammenhänge hinzuweisen, sodass explorativ entsprechende Modellierungen überprüft wurden. Keines der erstellten Modelle war jedoch signifikant. Nur hinsichtlich der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik lagen nach graphischer Ansicht Hinweise auf einen linearen Zusammenhang vor. Ein entsprechendes Modell war jedoch ebenfalls nicht signifikant. Insgesamt konnten damit weder die erwarteten noch weitere Zusammenhänge zwischen den Chill- und Schmerzvariablen nachgewiesen werden. In fast allen durchgeführten Analysen kam es dabei zum Ausschluss von Datensätzen als Ausreißer. Auch nach diesen Ausschlüssen lagen in fast allen Untersuchungen leichte bis mittlere Fälle von Ausreißern vor (v. a. in der Analyse zur Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT), um welche die Analysen durch weiteren Ausschluss nicht bereinigt werden konnten und welche das Ablehnen der postulierten Modelle begünstigen können. Da das Verhindern von Ausreißern in explorativen weiteren Datenausschlüssen jedoch nicht erreicht werden konnte, könnten die nachhaltig

vorhandenen Ausreißer aber auch darauf hinweisen, dass die modellierten Zusammenhänge die vorhandenen Daten und den realen Zusammenhang nicht adäquat abbilden konnten bzw. die Einbettung der vorliegenden Daten und der realen Situation in ein Zusammenhangsmodell nicht möglich ist. Hinsichtlich der Analyse zum Schmerz um die Musik bleibt weiterhin zu berücksichtigen, dass ein sehr niedriger Ausgangswert von $m = 1.03$ (auf einer Skala von 0-100) und möglicherweise ein Bodeneffekt in der Schmerzwahrnehmung vorlag, der wenig Spielraum für ein weiteres Absinken durch Chills ließ und sich auch keine Veränderung durch das Musikhören ergab. Insgesamt erscheint es daher wahrscheinlich, dass das niedrige Ausgangsniveau der vorliegenden Schmerzintensität vor dem Musikhören den Nachweis eines möglichen analgetischen Effekts stark erschwerte. Die Aussagekraft des Ergebnisses ist daher als nur sehr bedingt belastbar einzuschätzen. In diesem Zusammenhang bleibt auch zu erwähnen, dass ein klinisch relevanter analgetischer Effekt bei einem signifikanten Ergebnis nicht erreichbar gewesen wäre, da dafür nach Gallagher, Liebman und Bijur (2001) mindestens eine Schmerzminderung von 1.3 auf einer VAS von 0-10 (respektive 13 auf einer Skala von 0-100) vorliegen muss. Da keine Haupteffekte von Chills auf Schmerzen nachgewiesen werden konnten, gab es keine Grundlage für die vorab geplante Untersuchung von Vermittlungseffekten durch zwei zentrale musikalische Einflussfaktoren auf Stress, namentlich die Verminderung von Stress sowie die Förderung positiver Emotionen. Hinsichtlich der Interpretier- und Belastbarkeit der dargestellten Ergebnisse sind jedoch diverse, selbige zum Teil stark mindernde Einschränkungen zu beachten, die in der Folge, zum Teil ergänzt um Möglichkeiten zur Adressierung für zukünftige Studien, aufgeführt werden.

Eine zentrale Frage hinsichtlich der Aussagekraft der Ergebnisse ist, ob die vorliegenden Daten über angemessene Power zur Detektion des vermuteten Effekts verfügten. Da die Stichprobengröße zum Auswertungszeitpunkt sowie das allgemeine Studiendesign vom Autor nicht beeinflusst werden konnte, wurde die Poweranalyse im Nachhinein durchgeführt. Dabei wurde diese jedoch entsprechend gängiger Empfehlungen wie eine vorhergehende Analyse unter Rückgriff auf die theoretisch erwartbaren oder an anderer Stelle ermittelten Effekte durchgeführt (Gilbert & Prion, 2016). Eine Berücksichtigung der gefundenen Effektmaße fand im Rahmen einer ersten Validierung dieser Überlegungen statt. Weiterhin wurde auf die ermittelten Daten zum Ausmaß der Chillhäufigkeit und -intensität zurückgegriffen, um eine theoretisch prognostizierte

allgemeine Effektgröße dieser Variablen in Bezug zum Ausmaß ihres tatsächlichen Vorliegens setzen und damit den insgesamt erwartbaren Effekt besser abschätzen zu können. Da es sich nach Wissen des Autors um die erste Untersuchung eines Zusammenhangs von Chills und Schmerzen handelte, lagen keinerlei Orientierungswerte zur Effektgröße vor, weswegen diese nur unter Berücksichtigung auf den allgemeinen Effekt von Musikinterventionen geschätzt werden konnten. Dieser liegt im kleinen bis mittleren Bereich bis zu $d = 0.5$ (Lee, 2016; Lu et al., 2020; Martin-Saavedra et al., 2018;). Chillerlebnisse stellen dabei spezielle Phasen des Musikhörens dar, die durch hohe Absorption der Aufmerksamkeit und starke positive emotionale Involvierung charakterisiert sind und sich damit hinsichtlich zentraler schmerzrelevanter Faktoren als intensiver und vorteilhafter gestalten. Aus diesem Grund erscheint es erwartbar, dass der analgetische Effekt von Chills im oberen Bereich des Effekts von Musikinterventionen oder sogar darüber liegen könnte. Gleichzeitig bleibt aber das geringe Ausmaß an Chillerlebnissen und deren Intensität in der vorliegenden Studie zu berücksichtigen. Insgesamt kam es während in der Studie zu sehr wenigen und schwach ausgeprägten Chillerlebnissen: während der CPT-Termine lag die durchschnittliche Chillhäufigkeit auf einer Skala von 0-100 bei $m = 7.35$ ($sd = 9.93$; Range: 0.00; 35.13) und die durchschnittliche Chillintensität bei $m = 10.42$ ($sd = 14.49$; Range: 0.00; 52.00), die Werte unter Einbezug aller Werte wichen nur sehr geringfügig ab. Die geringe Anzahl, in einem Zeitraum von nur wenigen Sekunden stattfindender sowie schwacher Chills steht einer Periode von fast einer Stunde „normalen“ Musikhörens gegenüber, in der keine Chills erlebt wurden. Ein möglicher Effekt von Chills könnte sich daher nur sehr bedingt entfaltet haben und sich in den sich auf die gesamte Dauer der Musikintervention beziehenden Daten nur sehr marginal niederschlagen. Daher ist es nicht erwartbar, dass der Effekt von Chills im vorliegenden Design in vollem, sondern eher in sehr eingeschränktem Maße abgebildet werden kann. Aus diesem Grund erscheint es angemessen, die Effektgröße im vorliegenden Design niedriger anzusetzen, weswegen entsprechend der gängigen Cut-offs (Cohen, 1988, S. 82) in die Poweranalyse ein Wert für $d = 0.1 - 0.3$ (bei einem Signifikanzniveau von 0.5, einer Testmacht von 0.8 sowie zwei Prädiktoren) inseriert wurde. Auch die in der vorliegenden Analyse ermittelten Effektgrößen lagen bis auf eine Ausnahme (Effekt von Chillhäufigkeit² und -intensität³ auf die akute Schmerztoleranz: $korr. R^2 = .18$) im niedrigen oder unteren mittleren Bereich. Die Analyse wurde mit dem Programm *G*Power: Statistical Power Analyses for Windows and Mac* (Faul, Erdfelder, Buchner & Lang, 2009) durchgeführt

und ergab je nach veranschlagter Effektgröße eine notwendige Stichprobengröße von $n = 476$ (bei $d = 0.1$) bzw. $n = 68$ ($d = 0.3$). Dem steht die tatsächliche Stichprobengröße von $n = 25$ gegenüber. Die durchgeführte Power-Analyse offenbart daher gewichtige Hinweise, dass die Studie zum Nachweis des erwartbaren Effekts über eine deutlich größere Stichprobe hätte verfügen müssen. Dies schränkt die Belastbarkeit der vorliegenden Ergebnisse stark ein. Zukünftige Untersuchungen mit identem Design sollten daher mit größeren Stichproben durchgeführt werden. Ob diese am Ende der Hauptstudie mit einem $n = 90$ erreicht werden kann, ist schwer abzuschätzen, da die Schätzung der Größe des analgetischen Chilleffekts wie oben dargestellt explorativ geschehen ist und mit einem großen Spektrum angegeben werden muss.

Eine Alternative zur Vergrößerung der Stichprobengröße zur Adressierung des möglichen Mangels an Power ist eine Ausrichtung des Designs auf Chills, welche aus mehreren Gründen sehr vielversprechend wirkt. Das seltene Auftreten subjektiv registrierter Chillerlebnisse in der vorliegenden Studie ist konsistent mit der von Gabrielsson und Lindström Wik (2003), ermittelten Häufigkeit und erscheint daher nicht ungewöhnlich. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang, dass zwar die mit höherer Objektivität verbundene alleinige Messung der rein physiologischen Komponente des Entwickelns von Gänsehaut (*Piloerektion*) ein Vorliegen in 20-30% der Fälle ergibt (unter Laborbedingungen; Benedek & Kaernbach, 2011; Wassiliwizky, Jacobsen, Heinrich, Schneiderbauer & Menninghaus, 2017). Über die Gleichsetzbarkeit von Piloerektionen und Chills herrscht aber Uneinigkeit, sodass diese als separates Konstrukt bzw. Teilelement von Chills gesehen werden sollten (Mori & Iwanaga, 2014). Ein relevanter Ansatz zur Erreichung einer höheren Dichte von Chills besteht in der zweckgerichteten Auswahl von Musikstücken. Diesbezüglich konnten mehrere Faktoren ermittelt werden, die ein häufigeres Erleben von Chills begünstigen könnten. So scheinen das Erleben mancher Emotionen, vor allen Dingen von Staunen, Nostalgie (beides gemischte Emotionen) sowie Bewegtheit, förderlich. Gleichzeitig scheint es hinsichtlich des emotionalen Erlebens im Kontext von Chills eine hohe Variabilität zu geben, die sich zwischen den jeweils auslösenden Faktoren unterscheiden könnte. Genauere Bestimmungen dieser phänomenologischen Varianz stehen zum aktuellen Zeitpunkt aber noch aus. Weitere mögliche Auslöser könnten überraschende Momente wie plötzliche dynamische oder textliche Veränderungen, der Eintritt neuer Instrumente sowie neuer oder unerwarteter Harmonien sein. Selbiges gilt für außergewöhnliche psychoakustische Eigenschaften wie

hohe Rauheit und Lautstärke und hohe wahrgenommene Energie und Tempo der Lieder, Bekanntheit mit der Musik und das Mögen selbiger. Weiterhin kann das Wahrnehmen von sozialen Aspekten zu Chills führen, weswegen das Hören der menschlichen Stimme, das Zusammenspiel von Instrumenten, Texte mit sozialem Bezug und allgemein eine starke Übertragung von Emotionen (*contagion*) förderlich erscheinen. Die Wahrnehmung von hohem künstlerischem Niveau und (als überwältigend empfundener) *Crescendi* sind weitere fördernde Faktoren, die ebenfalls mit der Emotion des Staunens zusammenhängen könnten. Weiterhin kann Musikhören ohne die Anwesenheit anderer tendenziell zu mehr Chills führen, wobei die diesbezüglichen Forschungsergebnisse widersprüchlich sind. Bezüglich der Orte des Musikhören und der Abspielmedien (z.B. Kopfhörer, Lautsprecher) scheint eine hohe Varianz möglich zu sein (Bannister, 2018; De Witte et al., 2019). Ob die genannten Faktoren auch zu einer Erhöhung der Chillintensität beitragen können, ist nicht verlässlich beantwortbar, da diese bisher wenig erforscht sind, erscheint aber möglich. Insgesamt sind die genannten Merkmale zur Förderung musikbezogener Chills von hoher Diversität geprägt. Da sich diese zum Teil widersprechen, scheint eine elaborierte Konzeptualisierung für zu verwendende Musik notwendig, die nicht die Integration aller Elemente, sondern eine harmonische Zusammenführung nur einiger versucht. Dabei bleibt erneut darauf zu verweisen, dass unterschiedliche Auslöser auch abweichende emotionale Reaktionen auf Chills auslösen könnten, was jedoch weiterer Erforschung bedarf (Bannister, 2018). Trotzdem könnten Chillinterventionen, die auf unterschiedliche der obigen Faktoren fokussieren, in ihren Effekten nicht ident sein. Mit erneutem Verweis auf die allgemeine Seltenheit von Chills sowie die zum Teil noch sehr geringen Erkenntnisse zu den auslösenden Faktoren ist an dieser Stelle auf den Nutzen einer Pilotierung eines erstellten Samples zu verweisen. Im Idealfall könnte ein solches Vorgehen zur Erstellung von Playlists zur Erforschung von Chills führen, welchen bei entsprechenden Ergebnissen zum Nutzen von Chills auch in der musiktherapeutischen Praxis genutzt werden könnten. Eine weitere Möglichkeit ist die Bitte an Testpersonen, individuell chillauslösende Musik im Rahmen einer Studie zu hören. Da auf Basis der Seltenheit von Chillerlebnissen zumindest zu vermuten, wenn auch bisher noch nicht überprüft ist, dass eine hohe Ansammlung von Chills in einem Zeitraum von einer Stunde nur schwer aufrechterhalten werden kann, erscheint es weiterhin potenziell fruchtbar, kürzere Musiktermine in Betracht zu ziehen, die aber auf beschriebene Art versuchen, auf Chills zu fokussieren. Beispielsweise könnten Versuchspersonen gebeten

werden, persönliche „Gänsehaut-Lieder“ für eine Dauer von 20 Minuten mitzubringen. Zusätzlich zur Erhöhung der Testpower zeigt dies auch einen möglichen Anwendungsaspekt auf, wenn in der Praxis bei wenig verfügbarer Zeit auf die Induktion von Gänsehauterlebnissen statt auf den Einsatz längerer Musikinterventionen fokussiert wird, die aufgrund der erwarteten hohen Effekte von Chills in Summe einen vergleichbaren Effekt zeigen könnten. Diese Überlegung ist zum aktuellen Zeitpunkt aber hypothetischer Natur. Weiterhin könnten kürzere, fokussierte Untersuchungsdesigns durch geringen zeitlichen Aufwand zu höherer Testökonomie und -commitment von Versuchspersonen führen. Bei der Bitte, persönliche Gänsehaut-Lieder mitzubringen, bleibt weiterhin zu berücksichtigen, dass das Risiko einer Vorselektion besteht, indem ein unrepräsentativ hoher Anteil von Versuchspersonen mit sogenannten „Chillpersönlichkeiten“ (geprägt vor allem durch hohe Offenheit gegenüber Neuem; Altenmüller & Bernatzky, 2015) rekrutiert werden könnte, beispielsweise bei Erwähnung von Chills während der Akquise von Versuchspersonen. Dies sollte bei der Interpretation so gewonnener Ergebnisse überprüft und wenn möglich mitberücksichtigt werden. Alternativ könnte eine höhere Chillkonzentration auch durch die nachträgliche Identifizierung und gesonderte Auswertung von Chillepisoden in Musikintervention, wie vergleichsweise bei Klepzig et al. (2020) realisiert, erreichbar sein. Hinsichtlich der Adäquatheit des verwendeten Studiendesigns bleibt festzuhalten, dass zumindest keine Anstrengungen zum Auslösen von Chills unternommen wurden und das geringe Auftreten daher wenig verwunderlich ist. Weiterhin wurden drei unterschiedliche Interventionsarten vereint, die sich hinsichtlich des Auftretens von Chills unterscheiden könnten und daher kein homogenes musikalisches Material darstellen. Diesbezüglich könnte es zu einem späteren Erhebungszeitpunkt mit mehr Versuchspersonen interessant sein, zu untersuchen, wie sich das Chillaufkommen in den drei Bedingungen unterscheidet, um weiteres Wissen zur Auslösung von Chills sowie den drei Interventionsarten zu generieren. Vor allem nach Bannisters (2018) Einwand zu möglichen phänomenologischen Unterschieden von Chills je nach Auslöser ist die vorgenommene Zusammenführung der drei Interventionsgruppen zumindest kritisch zu sehen, was aufgrund der geringen Personenanzahl je Untergruppe aus statistischen Gründen jedoch notwendig war. Eine weitere mögliche Adressierung der geringen Ausprägung von Chills im vorliegenden Design wäre die Durchführung von Einzelfallanalysen bei Versuchspersonen mit hoher intrapersonaler Chillvarianz. Aufgrund der geringen Verallgemeinerbarkeit so generierter

Ergebnisse (Kazdin, 1993) hätten diese aber ebenfalls nur sehr geringfügig zu neuen Erkenntnissen beitragen können, weswegen auf dieses Verfahren verzichtet wurde. Weiterhin bleibt anzumerken, dass die vorliegenden Daten nach ersten explorativen Betrachtung hinsichtlich Einzelfallanalysen auch bezüglich dieser wenig geeignet schienen, da sowohl intra- als vor allem auch interpersonal (wenige Personen mit konsistent hohen Chillwerten) wenig Varianz im Chillerleben vorlag. Eine weitere methodische Anregung ist die Berücksichtigung und Validierung von Mehrebenenanalysen, da durch das Vorliegen mehrerer Messungen je Versuchsperson *nested data* vorliegen. Diesbezüglich war eine allgemeine Empfehlung zum Vorliegen von 30 Einheiten auf der Ebene 2 (Jäckle & Schärdle, 2017) zur Durchführung von Mehrebenenanalysen zum Zeitpunkt der Analyse nicht erfüllt, wird dies aber zu einem späteren Zeitpunkt der Hauptstudie sein. Unter Hinzuziehung weiterer Analysen können Mehrebenenanalysen außerdem auch bereits mit 20 oder nach profunden (Power-)Analysen auch weniger Einheiten auf der Ebene 2 durchgeführt werden (Jäckle & Schärdle, 2017; Huang, 2018). Auf diesbezügliche Analysen wurde in der vorliegenden Arbeit jedoch aufgrund zu geringer Kenntnisse des Autors zu Mehrebenenanalysen verzichtet. Für Forscher*innen mit diesbezüglichen besseren Kenntnissen oder Ressourcen zur Auseinandersetzung mit dieser Thematik könnte dies aber gewinnbringend sein, um eine bessere Modellierung des vorliegenden Untersuchungsdesigns zu realisieren.

Bezüglich des Bodeneffekts bei der Untersuchung der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik lässt sich feststellen, dass das niedrige Ausgangsniveau des Schmerzes aufgrund der Stichprobe mit gesunden Proband*innen wenig verwunderlich ist. Für zukünftige Forschungen erscheinen zwei Möglichkeiten denkbar, den Effekt der Musik auf ein bereits vor dem Musikhören vorliegendes bzw. erhobenes Schmerzniveau zu untersuchen. Einerseits könnten Stichproben mit Versuchspersonen mit höheren Ausgangs-Schmerzwerten vor der Studie untersucht werden. Diesbezüglich bliebe es wichtig, festzuhalten, ob es sich um ein erhöhtes chronisches oder akutes Schmerzempfinden handelt, da diese möglicherweise unterschiedlich sensibel für den Effekt von Chills sein könnten. Proband*innen mit erhöhtem akuten Schmerzempfinden könnten dabei jedoch nur sehr schwer akquirierbar sein und eine besondere Herausforderung für die Studiendurchführung darstellen. Eine zweite Möglichkeit wäre es, den CPT auch vor dem Musikhören durchzuführen und zu untersuchen, wie sich die Reaktion auf ihn durch das

Hören von Musik und das Vorliegen von Chills im Prä-Post-Vergleich verändert. Diesbezüglich könnten Testwiederholungseffekte bezüglich des CPTs mögliche Ergebnisse verzerren, was jedoch durch eine Kontrollgruppe ohne Musik kontrolliert werden könnte. Weiterhin ginge eine solche Änderung mit weiterer Belastung für die Proband*innen einher. Auch ist diese Messung nicht mehr mit der in der vorliegenden Arbeit versuchten Untersuchung der Veränderung eines vorliegenden Schmerzempfindens gleichzusetzen. Nichtsdestotrotz würde auf diese Weise eine noch validere Untersuchung der Veränderung auf einen Schmerzreiz als im vorliegenden Design möglich. Dahingegen erscheint es wenig sinnvoll, nur eine CPT-Messung vor dem Musikhören durchzuführen und damit zu Beginn einen Schmerzreiz zu setzen, dessen Wahrnehmung vor und nach dem Musikhören gemessen wird. Diesbezüglich erscheint ebenfalls ein Bodeneffekt erwartbar, da der durch den CPT hervorgerufene Schmerz unabhängig von der nachfolgenden Interventionsart nach einiger Zeit abebben und verschwinden könnte.

Insgesamt wird zukünftigen Untersuchungen dringend eine Validierung, wenn möglich auch mithilfe der Generierung weiterer Daten, der hier angestellten Überlegungen zu Effektgröße, Studien- und Auswertungsdesign sowie Stichprobengröße empfohlen. Die vorliegende Studie muss vor den genannten Überlegungen als nur sehr bedingt geeignet für die Beantwortung der Fragestellungen eingeschätzt werden. Allgemein erscheint es für Chills aufgrund ihrer Seltenheit wenig sinnvoll, Untersuchungen kollateral oder nachträglich in Studien zu anderen Fragestellungen einzubinden, da Chills ein sehr spezifisches und nur unter großen und spezifischen Anstrengungen verlässlich beobachtbares Phänomen zu sein scheinen (Gabrielsson & Lindström Wik, 2003). Diesbezügliche Anregungen finden sich in der vorliegenden Diskussion und können als Anhaltspunkte für zukünftige Untersuchungen fungieren, sind aber nicht erschöpfend. Am ehesten scheint eine Integration in andere musikpsychologische Studien mit sehr großen Datensätzen möglich, insgesamt erscheint es aber sinnvoller, Studien genuin für die Untersuchung von Chills zu entwerfen. Die Aussagekraft der erzielten Ergebnisse ist vor diesem Hintergrund als kaum belastbar zu bewerten. Weiterhin müssen sie auf westliche Hörer*innen beschränkt werden, da das kulturell geprägte Wissen über Musik sowie der ebenfalls von der musikalischen Sozialisierung abhängige allgemeine Umgang mit dieser wichtige Faktoren für das Erleben von Chills darstellen, auch wenn Klepzig et al. (2020) im Rahmen einer kulturellen Globalisierung eine fortschreitende Abnahme kulturspezifischer Unterschiede in der Zukunft

vermutet. Auch bleiben die Ergebnisse hinsichtlich ihrer externalen Ergebnisse eingeschränkt interpretierbar, da sie unter Laborbedingungen entstanden sind. Allgemein bleibt daher die Kombination von Labor- und Felduntersuchungen in der musikpsychologischen Forschung relevant, wobei sich mit Designs mit Rückgriff auf *Ecological Momentary Interventions (EMI)*, wie beispielsweise bei Smyth & Heron (2016) verwendet, neue und vielversprechende Methoden der Feldforschung zu etablieren beginnen.

Hinsichtlich Chills bestehen zum aktuellen Zeitpunkt mehrere offene Fragestellungen, deren Adressierung in zukünftigen Forschungsunternehmungen zu fundierterem Wissen über Chills führen könnte. So stehen die Erforschung sowie theoretische und praktische Integration der Chillintensität aus, die wie bei Bannister (2018) dargestellt eine fundamentale Ergänzung zur Chillhäufigkeit ist. Da bisher nur äußerst wenig Forschung allgemein zur Chillintensität sowie zu ihrem Zusammenhang mit der Chillhäufigkeit getätigt wurde, wurden Chillhäufigkeit und -intensität in der vorliegenden Analyse getrennt ausgewertet. Untersuchungen möglicher Zusammenhänge und entsprechende Anwendung dieser in zukünftigen Analysen könnten jedoch zu adäquateren, weil umfassenderen Modellierungen von Chills führen. So erscheint es beispielsweise eine sinnvolle Hypothese, dass die Chillintensität als Moderator des Effekts der Chillhäufigkeit auf diverse Zielvariablen fungieren könnten, die vielleicht zu einem gemeinsamen Maß, bestehend aus einer Kombination von Häufigkeit und Intensität, führen könnte. Ein solcher oder vergleichbarer Zusammenhang wurde bisher jedoch weder in den vorliegenden Daten noch an anderer Stelle untersucht und ist daher aktuell als spekulativ einzuordnen. Zusätzlich ist es für zukünftige Untersuchungen von Chills erstrebenswert, subjektive Messungen um objektivere physiologische Marker, vor allen Dingen die elektrodermale Aktivität (EDA) zu ergänzen, wie in der Hauptstudie ab einem fortgeschrittenen Zeitpunkt auch geschehen. In der Regel sind Versuchspersonen unpräziser in der Detektion von Chills, als diese durch die Messung physiologischer Parameter gemessen werden, da in subjektiven Messungen Chills trotz des Ausbleibens physiologischer Veränderungen angegeben oder vorhandene physiologische Veränderungen nicht bemerkt werden (Benedek & Kaernbach, 2011). In diesem Zusammenhang bleibt aber erneut darauf zu verweisen, dass konzeptuelle Uneinigkeit darüber besteht, inwiefern physiologische Veränderungen wirklich ein notwendiges Element von Chills darstellen (Harrison & Loui, 2014) und dass das Messen der EDA als Piloerektion zu interpretieren ist, dass je nach Definition von Chills ein Teilelement oder sehr eng

verwandtes Konstrukt von Chills darstellt (Mori & Iwanaga, 2014). Somit ist es wichtig, beim Durchführen paralleler Messungen physiologischer und subjektiver Parameter diese getrennt auszuwerten und zu interpretieren, um keine Vermischung bisher getrennter theoretischer Konstrukte herbeizuführen. Eine weitere wichtige theoretische Ergänzung des bisherigen Wissensbestandes zu Chills könnte in der Zukunft eine Integration in das *BRECVEMA*-Modell zur Genese musikbezogener Emotionen (Juslin, 2013; benannt nach den ermittelten Faktoren: *brain stem reflexes*, *rhythmic entrainment*, *evaluative conditioning*, *contagion*, *visual imagery*, *episodic memory*, *musical expectancy* und *aesthetic judgment*) sein, in die sich nach Augenscheinlichkeit viele der von Bannister (2018) und De Witte et al. (2019) genannten Faktoren einordnen ließen. Eine Berücksichtigung des *BRECVEMA*-Modells könnte dabei zum Finden weiterer sowie zum vertieften Verständnis der bisher vorliegenden Faktoren zur Entstehung von Chills beitragen. Ein weiterer interessanter Aspekt von Chills ist das habituelle Chillempfinden, das die Häufigkeit, mit der eine Person durchschnittlich Chills beim Musikhören erlebt, darstellt. Nach bisherigen Erkenntnissen liegt bei Personen mit hohem habituellem Chillempfinden ein höherer allgemeinerer Stresslevel vor, als bei Menschen mit niedrigem habituellem Stressempfinden, der aber stärker durch Musikhören abgeschwächt wird, (Mori & Iwanaga, 2014). Untersuchungen des Zusammenhangs des habituellen Chillempfindens mit anderen Konstrukten sind vielversprechend, um zur Vertiefung des Wissen über Chills und Musik im Allgemeinen beitragen zu können und erscheinen im vorliegenden Studiendesign möglich, da das Vorliegen einer möglichen Chillpersönlichkeit vor Studiendurchführung erfragt wird. Insgesamt können im Rahmen der vorliegenden Arbeit die von Klepzig et al. (2020) konstatierten großen Leerstellen im Wissen über musikbezogene Chills bestätigt werden.

Ein in der vorliegenden Arbeit theoretisch intensiv behandelte Sachbestand ist eine mögliche Mediation eines Chilleffekts auf Schmerzen durch Stress und positive Emotionen, der aufgrund des Ausbleibens eines Haupteffekts nicht empirisch untersucht werden konnte. Nichtsdestotrotz konnten diverse Erkenntnisse und Anregungen für zukünftige Forschungsunternehmungen gesammelt werden. Hinsichtlich Emotionen bleibt initial festzuhalten, dass Chills zwar als sehr eng mit starken positiven Emotionen mit positiver affektiver Bewertung verbunden gelten (Blood & Zatorre, 2001; Grewe et al., 2007, 2010), trotzdem aber nicht mit diesen gleichzusetzen sind, weswegen eine gesonderte Untersuchung der zwei Konstrukte notwendig ist. Im vorhandenen Design wurden mehrere

Möglichkeiten für die Operationalisierung von Emotionen mit positiver affektiver Valenz identifiziert, die nach zentralen Theorien mit Chills einhergehen (Blood & Zatorre, 2001; Grewe et al., 2007, 2010; Mori & Iwanaga, 2017), als entscheidend für den analgetischen Effekt von Musik identifiziert (Kenntner-Mabiala et al., 2007; Roy et al., 2008) und daher zu operationalisieren versucht wurden. Letztlich wurde nach langem Abwägen jedoch keine zufriedenstellende Operationalisierung gefunden. Eine Variante war die Berechnung eines Summenscores der von den Versuchspersonen erlebten Emotionen mit positiver emotionaler Valenz. Hierbei müssten aber auch die Emotionen negativer emotionaler Valenz (bspw. durch Berechnung eines Differenzwertes oder durch statistische Kontrolle) und die Interaktion dieser mit dem Arousal berücksichtigt werden (Rhudy, 2016). Weiterhin bleibt die mögliche Diskrepanz zwischen der emotionalen und der affektiven Valenz zu berücksichtigen, die im Falle von Emotionen mit negativer emotionaler Valenz bei ca. 25% von Musikhören auftritt (Schubert, 2010, S. 41). Daher kann das im vorliegenden Design praktizierte Erfragen der emotionalen Valenz zu Ungenauigkeiten in der Analyse führen. Des Weiteren treten gerade beim Musikhören immer wieder Emotionen auf, die zum Teil mit gemischter emotionaler Valenz verbunden sind (bspw. Nostalgie; Zentner et al., 2008), was die Zuweisung sowohl der emotionalen als auch affektiven Valenz erschweren kann. Für zukünftige Forschungen bleibt es daher überlegenswert, ob nicht über separate Items versucht wird, die affektive Valenz direkt zu erfragen, wie kongruent mit den Ausführungen zu ästhetischen Emotionen bei Menninghaus et al. (2019). Beispielsweise könnte ein Item integriert werden, mit welchem Versuchspersonen gefragt werden, wie sie ihr emotionales Erleben während einer Musikintervention oder das Musikhören (nicht: die Musikstücke, s.u.) auf einer Skala des Gefallens bewerten, wie beispielsweise bei Schubert (2010) praktiziert. Eine weitere verworfene Möglichkeit stellt die Nutzung der Bewertung der Musik hinsichtlich des Gefallens durch die jeweilige Versuchsperson dar, die bei unterschiedlichen Arbeiten zu ästhetischen Emotionen untersucht oder betrachtet wurde (Schubert, 2013; Swaminathan & Schellenberg, 2015). Wenngleich diese im vorliegenden Design über ein Item („Die Musik hat mir gefallen“) gemessen wird und eine eindeutige Bewertung durch die Musikhörer*innen hinsichtlich des Gefallens darstellt, bleibt zu beachten, dass dies nicht Emotionen mit positiver affektiver Valenz während des Musikhörens gleichzusetzen ist. Stattdessen wird durch dieses Item eine Bewertung der Musik erfragt, die mutmaßlich auch von weiteren Einflussgrößen als der affektiven Bewertung des Liedes beeinflusst werden kann.

Nichtsdestotrotz könnte das Gefallen der Musiksitzung die vielversprechendste vorliegende Möglichkeit sein, Emotionen mit positiver affektiver Valenz zumindest indirekt zu messen. Tatsächlich nutzen einige der bei Rhudy (2016) integrierten Studien zum analgetischen Effekt der affektiven Valenz von Emotion (z. B. Dougher, Goldstein & Leight, 1987; Williams & Rhudy, 2007) Einschätzungen zu den im jeweiligen Reizmaterial dargestellten Emotionen oder dem Gefallen des Reizmaterials (z. B. Worthington, 1978) als indirektes Maß für die affektive Valenz von Emotionen, was aber zu einer Vermischung distinkter Konzept führen kann und durchaus kritisch zu betrachten ist. Abgesehen von den Schwierigkeiten einer adäquaten Operationalisierung der affektiven Valenz müsste weiterhin stets eine Berücksichtigung des emotionalen Arousals stattfinden. Entsprechende Herausforderungen bei der statistischen Modellierung wären im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgrund ihrer Komplexität wohl nicht möglich gewesen. Eine solche Modellierung hätte nach ersten Einschätzungen eine Kombination aus einer dreistufigen Kategorisierung des Arousals und der affektiven Valenz (wohl in Form eines Kontinuums) in die ursprünglich geplante Mediationsanalyse integrieren müssen (Rhudy, 2016). In zukünftigen Untersuchungen könnte es aufgrund der oben angesprochenen Möglichkeiten zur Erreichbarkeit einer höheren Dichte von Chills allerdings zu einem homogen hohen Arousal kommen, da Chills mit hohem emotionalem Arousal einhergehen (Klepzig, 2020), was die Modellierung erleichtern würde. Ein solches ist bei einer so geringen Chilledichte wie im vorliegenden Studiendesign jedoch nicht verlässlich erwartbar. Als ergänzende Möglichkeit zu subjektiven Messungen von Emotionen mit positiver affektiver Bewertung schlagen Swaminathan und Schellenberg (2015) die Verwendung von Elektromyographie (EMG) im Gesicht vor, wie bereits bei Khalifa, Roy, Rainville, Dalla Bella und Peretz (2008) sowie Witvliet und Vrana (2007) zur Detektion affektiver Valenzveränderung geschehen. Diese könnte ein objektiveres Maß als subjektive Messungen darstellen, da das Risiko einer Verwechslung von wahrgenommenen und empfundenen Emotionen, sowie von emotionaler und affektiver Valenz reduziert werden könnte (Swaminathan & Schellenberg, 2015).

Allgemein gibt es einen anhaltenden Diskurs zu Emotionen zum Musikhören, der in seinen extremen Ausprägungen sogar die Emotionsinduktion durch Musik in Frage stellt. Eine veraltete und inzwischen durch zahlreiche Befunde zurückgewiesene Hypothese ist, dass nicht Musik, sondern nur mit ihr einhergehende Kontextfaktoren, wie zum Beispiel der Ärger über Lärmbelästigung durch laute Musik, Emotionen, auslösen (Kivy, 1990; Konečni,

2008). Nach wie vor ein diskutierter Aspekt ist aber, dass Musik musikbezogene Emotionen häufig keine behavioral-motivationale Komponente aufweisen und damit nicht alle Kriterien vieler Emotionskonstrukte (z. B. nach Goschke & Deisbach, 2010) erfüllen (Zentner et al., 2008). Diesbezüglich ist einerseits auf den Einwand von Menninhaus et al. (2019) zu verweisen, nach dem ästhetische Emotionen durchaus motivational-behaviorale Impulse, wie zu Maßnahmen zur verlängerten, wiederholten, vermiedenen oder unterbrochenen Auseinandersetzung mit einem Kunstwerk, beinhalten können. Gleichzeitig herrscht weiterhin Uneinigkeit über die Definition von Emotionen und darüber, ob es angemessen und nicht eine zu konservative Konzeptualisierung ist, Emotionen nur bei Erfüllung aller Teilelemente als vorliegend anzusehen. Niedenthal, Krauth-Gruber und Ric (2006) verweisen in diesem Zusammenhang darauf, dass die einzelnen Elemente gängiger Emotionsdefinitionen oft nicht miteinander zusammenhängen und argumentieren, dass es unterschiedliche Arten von Emotionen gibt, die sich hinsichtlich der Zusammensetzung und des Vorliegens der einzelnen Teilelemente unterscheiden. Analog dazu erscheint eine Unterteilung von Emotionen u. a. in utilitäre und ästhetische Emotionen möglich und sinnvoll, wie von vielen Autor*innen (u. a. Scherer, 2004; Martindale, 1988; Schubert, 2013; Swaminathan & Schellenberg, 2015) bereits vorgenommen. Damit vergleichbar besteht beispielsweise bereits ein Diskurs zur Verbreiterung bestehender Emotionskonzepte durch die Integration der sogenannten *refined emotions*, welche durch das Erreichen eines mentalen Zustands ohne pragmatische, selbst-bezogene Gedanken, aber mit nach wie vor vorliegender emotionaler Struktur und Verhaltensimpulsen (allerdings eher virtueller-mentaler Art) und niedrigem Arousal charakterisiert werden (Frijda & Sundararajan, 2007). Eine Verbreiterung der vorliegenden Emotionsmodelle im Sinne einer Integration ästhetischer Emotionen, zu denen musikbezogene Emotionen gehören würden, könnte daher sinnvoller sein, als das Zurückweisen des Erlebens von Emotionen beim Musikhören aufgrund der Nichtpassung mit bisherigen Emotionskonzepten. Eine solche Ergänzung würde auch Betrachtungen von Emotionen im alltäglichen Kontext erweitern, da sich auch dort nachweislich Auslöser ästhetischer Emotionen (z. B. Kunstwerke, Mode, Design) finden und diese dort empfunden werden (Zentner et al., 2008). Gerade musikbezogene Chills mit ihrer enormen emotionalen Aktivierung können zu diesem Diskurs und der Erforschung (ästhetischer) Emotionen beitragen. Ein weitere interessante Forschungsfrage für die Zukunft könnte die Beeinflussung von Stimmungen durch Chills sein. So ist davon

auszugehen, dass Musik auch diese sehr effektiv beeinflusst und ein Zusammenhang zwischen den durch Musik ausgelösten Emotionen und der Stimmung besteht (Lu et al., 2020).

Bezüglich des zweiten postulierten Mediators, der Stressreduktion, empfiehlt sich die zukünftige Ergänzung um Cortisol als physiologischen Marker für Veränderungen der HHNA. Dagegen scheinen Messungen der Alpha-Amylase, Herzrate sowie EDA vor allen Dingen bei (anzustrebenden) Designs mit hoher Chilledichte in Bezug auf Stress wenig aussagekräftig, da es im Zuge von Chills zu einer Aktivierung des ANS und einem Anstieg der genannten Parameter kommt (Altenmüller & Bernatzky, 2015; Klepzig et al., 2020), die eine stressbezogene Interpretation dieser erschweren. Jedoch könnte eine zeitlich versetzte Untersuchung von Parametern des ANS sinnvoll sein. So könnte es sein, dass eine kurzfristige Aktivierung des ANS im Rahmen von Chillerleben vorliegt. Da Chills aber wie im Theorieteil dargestellt vor allem aufgrund ihres emotionalen Effekts stressmindernd wirken könnten, könnte es nach dem Abklingen der akuten Erhöhung der ANS-Parameter schließlich zu einer Senkung dieser unter den ursprünglichen Wert kommen. Allgemein muss darauf verwiesen werden, dass eine Stressminderung durch Chills aufgrund des intensiven Erlebens positiver Emotionen zwar wahrscheinlich erscheint. Gleichzeitig stehen einige Faktoren, die einen stressmindernden Effekt von Musik fördern könnten, namentlich die Notwendigkeit des Ziels der Entspannung (Linnemann et al., 2017: im alltäglichen Kontext) sowie ein langsames Tempo (60-80 Schläge pro Minute; Nomura et al., 2013), konträr zu möglichen Chillauslösern, wie hohem Tempo und wahrgenommener Energie (Bannister, 2018). Jedoch erscheint eine affektiv-emotionale Bewertung der musikbezogenen Elemente und Vorgänge zum aktuellen Zeitpunkt wichtiger für die Stressreaktion als die genannten Einzelfaktoren (Jamieson et al., 2012, Koelsch et al., 2011; Thoma et al., 2011).

6. Conclusio

In der vorliegenden Arbeit wurde unter Rückgriff auf zentrale Schmerztheorien – v. a. der *Neuromatrix Theory of Pain* – und Integration bestehender Erkenntnisse ein Modell zum Zusammenhang von musikbezogener Chills und Schmerzvariablen unter Einbezug von positivem emotionalen Erleben und Stressreduktion erstellt. In einer empirischen Überprüfung konnten jedoch keine der genannten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Aussagekraft dieser Ergebnisse ist aber als stark eingeschränkt anzusehen, da das

Studiendesign und die daraus resultierenden Daten nur äußert bedingt zur Untersuchung von Chillerlebnissen geeignet waren. Daher sollten die erzielten Ergebnisse nicht als Zurückweisung der erstellten Modelle interpretiert werden. Stattdessen erscheint es vielversprechend, die postulierten Zusammenhänge unter Berücksichtigung der genannten Diskussionspunkte an anderer Stelle zu untersuchen. Auf diese Weise könnten neue Erkenntnisse unter anderem zu intensiven Emotionen im ästhetischen Kontext gewonnen werden, sowie es zur Generierung neuer (bspw. kürzerer, aber intensiverer) analgetischer Interventionsformen mit Musik kommen. Dabei sind die getätigten Anregungen als nicht erschöpfend anzusehen. Weiterhin wurden viele theoretische und methodologische Leerstellen – vor allem zu Chills und (musikbezogenen/ästhetischen) Emotionen – identifiziert, die die notwendige Erforschung dieser Bereiche motivieren könnten.

Literaturverzeichnis

Allen, J. (2013). Pain management with adults. In J. Allen (Ed.), *Guidelines for musictherapy practice in adult medical care* (pp. 35–61). Dallas: Barcelona Publisher. DOI: 10.1093/jmt/thw012

Altenmüller, E., & Bernatzky, G. (2015). Musik als Auslöser starker Emotionen. In G. Bernatzky & G. Kreutz (Hrsg.), *Musik und Medizin* (S.221-236). Wien: Springer. DOI: 10.1007/978-3-7091-1599-2_15

Altenmüller, E., & Kopiez, R. (2005). Schauer und Tränen: Zur Neurobiologie der durch Musik ausgelösten Emotionen. In C. Bullerjahn, H. Gembris & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musik: gehört, gesehen und erlebt. Festschrift Klaus-Ernst Behne zum 65. Geburtstag. Monographien des IfMPF 12* (S. 159–180). Hannover: Verlag der Hochschule für Musik und Theater Hannover. DOI: 10.30820/9783837968217-35

Bannister, S. (2018). A survey into the experience of musically induced chills: Emotions, situations and music. *Psychology of Music*, 48(2), 297–314. DOI: 10.1177/0305735618798024

Bannister, S., & Eerola, T. (2018). Suppressing the chills: effects of musical manipulation on the chills Response. *Frontiers in Psychology*, 9, 2046. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02046

Baron, R. M., & Kenny, D. A (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of*

Personality and Social Psychology, 51(6), 1173-1182. DOI: 10.1037//0022-3514.51.6.117

Benedek, M., & Kaernbach, C. (2011). Physiological correlates and emotional specificity of human piloerection. *Biological Psychology*, 86, 320–329. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2010.12.012.

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 Biobehavioral Reviews*, 35, 1989–1999. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2011.06.00

Bernatzky, G., Strickner, S., Presch, M., Wendtner, F., & Kullich, W. (2012). Music as non-pharmacological pain management in clinics. In R. MacDonald, G. Kreutz & L. Mitchell (Eds.), *Music, Health, and Wellbeing* (S. 257-275). Oxford: Oxford University Press. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199586974.001.0001

Blood, A.J., & Zatorre, R.J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated with reward and emotion. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*, 98(20), 11818–11823. DOI: /10.1073/pnas.191355898

Cacioppo, J. T., Gardner W. L., & Berntson, G. (1997). Beyond bipolar conceptualizations and measures: The case of attitudes and evaluative space. *Personality and Social Psychology Review*, 1(1), 3-25. DOI: 10.1207/s15327957pspr0101_2

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Erlbaum.

De Witte, M., Spruit, A., Van Hooren, S., Moonen, X., & Stams, G.-J. (2019). Effects of music interventions on stress-related outcomes: a systematic review and two meta-analyses. *Health Psychology Review*, 14(2), 294-324. DOI: 10.1080/17437199.2019.1627897

Dileo, C., & Bradt, J. (2005). *Medical music therapy: A meta-analysis and agenda for future research*. Cherry Hill, NJ: Jeffrey Books.

Dougher, M. J., Goldstein, D., & Leight, K. A. (1987). Induced anxiety and pain. *Journal of Anxiety Disorders*, 1(3), 259–264. DOI: 10.1016/0887-6185(87)90030-2

Dumbell, R., Matveeva, O., & Oster, H. (2016). Circadian clocks, stress, and immunity. *Frontiers in Endocrinology*, 7, 1-8. DOI: 10.3389/fendo.2016.00037

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS (and sex and drugs and rock 'n' roll; third edition)*. London: Sage.

Frijda, N., & Sundararajan, L. (2007). Emotion refinement: A theory inspired by Chinese poetics. *Perspectives on Psychological Science, 2*, 227–241. DOI: 10.1111/j.1745-6916.2007.00042.

Gabrielsson, A. (2001). Emotions in strong experiences with music. In Juslin, P. & Sloboda, J. (Eds.), *Music and emotion: Theory and research* (pp. 431–452). Oxford: Oxford University Press.

Gabrielsson, A., & Lindström Wik, S. (2003). Strong experiences related to music: A descriptive system. *Musicae Scientiae, 7*(2), 157-217. DOI: 10.1177/102986490300700201.

Gallagher, E. J., Liebman, M., & Bijur, P. E. (2001). Prospective validation of clinically important changes in pain severity measured on a visual analog scale. *Annals of Emergency Medicine, 38*(6), 633–638. DOI: 10.1067/mem.2001.118863

Gilbert, G. E., & Prion, S. K. (2016). Making sense of methods and measurement: The danger of the retrospective power analysis. *Clinical Simulation in Nursing, 12*(8), 303–304. DOI: 10.1016/j.ecns.2016.03.001

Good, M., Picot, B. L., Salem, S. G., Chin, C. C., Picot, S. F., & Lane, D. (2000). Cultural differences in music chosen for pain relief. *Journal of Holistic Nursing, 18*, 245–260. DOI: 10.1177/089801010001800306

Goschke, T., & Dreisbach, G. (2010). Kognitiv-affektive Neurowissenschaft: Emotionale Modulation des Denkens, Erinnerens und Handelns. In U. Wittchen & J. Hoyer (Hrsg.), *Klinische Psychologie und Psychotherapie* (2. Aufl., S. 129-168). Berlin: Springer.

Grewe, O., B. Katzur, R. Kopiez, & Altenmüller, E. (2010). Chills in different sensory domains: frisson elicited by acoustical, visual, tactile and gustatory stimuli. *Psychology of Music, 39*(2), 220-239. DOI: 10.1177/0305735610362950

Grewe, O., Nagel, F., Kopiez, R., & Altenmüller, E. (2007). Listening to music as a recreative process: Physiological, psychological, and psychoacoustical correlates of chills and strong emotions. *Music Perception, 24*(3), 297-314. DOI: 10.1525/mp.2007.24.3.297

Harrison, L., & Loui, P. (2014). Thrills, chills, frissons, and skinorgasms: Toward an integrative model of transcendent psychophysiological experiences in music. *Frontiers in Psychology, 5*, Article 790. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00790

Huang, F. L. (2018). Multilevel modeling myths. *School Psychology Quarterly, 33*(3),

492–499. DOI: 10.1037/spq0000272

Hunter, P. G., Schellenberg, E. G., & Schimmack, U. (2010). Feelings and perceptions of happiness and sadness induced by music: Similarities, differences, and mixed emotions. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4, 47–56. DOI: 10.1037/a0016873

International Association for the Study of Pain (1994). Pain terms, a current list with definitions and notes on usage. In H. Merskey & N. Bogduk (Eds.), *Classification of chronic pain* (2nd ed., 209–214). Seattle, WA: International Association for the Study of Pain Press.

Jäckle, S., & Schärdle, J. (2017). Mehrebenenanalyse. In S. Jäckle (Hrsg.), *Neue Trends in den Sozialwissenschaften* (S. 147-175). Wiesbaden: Springer. DOI: 10.1007/978-3-658-17189-6

Jamieson, J. P., Nock, M. K., & Mendes, W. B. (2012). Mind over matter. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), 417–422. DOI: 10.1037/a0025719

Jensen, M. P., & Karoly, P. (1993). Measurement of cancer pain via patient self-report. In C. R. Chapman & K. M. Foley (eds.), *Current and emerging issues in cancer pain: Research and practice* (193–218). New York: Raven Press.

Juslin, P.N. (2013). From everyday emotions to aesthetic emotions: Towards a unified theory of musical emotions. *Physics of Life Reviews* 10 (3), 235-66. DOI: 10.1016/j.plrev.2013.05.008

Kazdin, A. (Ed.). (1993). Single case research designs. *Methods for clinical and applied settings* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.

Kenntner-Mabiala, R., Gorges, S., Alpers, G. W., Lehmann, A. C., & Pauli, P. (2007). Distinct effects of attention and affect on pain perception and somatosensory evoked potentials. *Biological Psychology*, 78, 114-122. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2008.01.007

Khalifa, S., Roy, M., Rainville, P., Dalla Bella, S., & Peretz, I. (2008). Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music? *International Journal of Psychophysiology*, 68, 17–26. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2007.12.00

Kivy, P. (1990). *Music alone: Philosophical reflections on the purely musical experience*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Klempzig, K., Horn, U., König, J., Holtz, K., Wendt, J., Hamm, A. O., & Lotze, M. (2020). Brain imaging of chill reactions to pleasant and unpleasant sounds. *Behavioural Brain Research*, 380, Article 112417. DOI: 10.1016/j.bbr.2019.112417

Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews*

Neuroscience, 15(3), 170-180. DOI: 10.1038/nrn3666

Koelsch, S., Fuermetz, J., Sack, U., Bauer, K., Hohenadel, M., Wiegel, ... Heinke, W. (2011). Effects of music listening on cortisol levels and propofol consumption during spinal anesthesia. *Frontiers in Psychology*, 2, Article 58. DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00058

Konečni, V. J. (2008). Does music induce emotion? A theoretical and methodological analysis. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2, 115–129. DOI: 10.1037/1931-3896.2.2.115

Kuhlmann, A. Y. R., de Rooij, A., Korese, L. F., van Dijk, M., Hunink, M. G. M., & de Jeekel, J. (2018). Meta-analysis evaluating music interventions for anxiety and pain in surgery. *British Journal of Surgery*, 105, 773-783. DOI: 10.1002/bjs.10853

Laeng, B., Eidet, L. M., Sulutvedt, U., & Panksepp, J. (2016). Music chills: The eye pupil as a mirror to music's soul. *Consciousness and Cognition*, 44, 161–178. DOI: 10.1016/j.concog.2016.07.009

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer.

Lee, J. H. (2016). The Effects of Music on Pain: A Meta-Analysis. *Journal of Music Therapy*, 53(4), 430–477. DOI: 10.1093/jmt/thw012

Liljeström, S., Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2013). Experimental evidence of the roles of music choice, social context, and listener personality in emotional reactions to music. *Psychology of Music*, 41, 579–599. DOI: 10.1177/0305735612440615

Linnemann, A., Kappert, M.B., Fischer, S., Doerr, J.M., Strahler, J., & Nater, U.M. (2015). The effects of music listening on pain and stress in the daily life of patients with fibromyalgia syndrome. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 434. DOI: 10.3389/fnhum.2015.00434

Linnemann, A., Strahler, J., & Nater, U. M. (2017). Assessing the effects of music listening on psychobiological stress in daily life. *Journal of Visualized Experiments* (120), e54920. DOI: 10.3791/54920

Lovall W. (1975). The cold pressor test and autonomic function: a review and integration. *Psychophysiology*, 12, 268–282. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1975.tb01289.

Lu, X., Yi, F., & Hu, L. (2020). Music-induced analgesia: An adjunct to pain management. *Psychology of Music*, 1-14. DOI: 10.1177/0305735620928585

Martindale, C. (1988). Aesthetics, psychobiology, and cognition. In F. H. Farley & R. W. Neperud (Eds.), *The foundations of aesthetics, art, & art education* (pp. 7–42). Westport:

Praeger Publishers.

Martin-Saavedra, J. S., Vergara-Mendez, L. D., & Talero-Gutiérrez, C. (2018). Music is an effective intervention for the management of pain: An umbrella-review. *Complementary Therapies in Medicine*, *41*, 81–89. DOI: 10.1016/j.ctcp.2018.06.003

Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Rodriguez-Fornells, A., & Marco-Pallarés, J. (2014). Dissociation between musical and monetary reward responses in specific musical anhedonia. *Current Biology*, *24*, 699–704. DOI: 10.1016/j.cub.2014.01.068

Melzack, R. (1999). From the gate to the neuromatrix. *Pain*, *Supply 6*, 121-126. DOI: 10.1016/S0304-3959(99)00145-1

Melzack, R., & Wall, P.D (1965). Pain mechanisms: a new theory. *Science*, *150*, 971-979. DOI: 10.1126/science.150.3699.971.

Menninghaus, W., Wagner, V., Wassiliwizky, E., Schindler, I., Hanich, J., Jacobsen, T., & Koelsch, S. (2019). What are aesthetic emotions? *Psychological Review*, *126*(2), 171–195. DOI: 10.1037/rev0000135

Mori, K., & Iwanaga, M. (2014). Music-induced chills as a strong emotional experience. *Shinrigaku kenkyu: The Japanese journal of psychology*, *85*(5), 495-509. DOI: 10.4992/jjpsy.85.13401.

Mori, K., & Iwanaga, M. (2017). Two types of peak emotional responses to music: The psychophysiology of chills and tears. *Scientific Report*, *7*, Article 46063, DOI: 10.1038/srep46063.

Nater, U. M., Krebs, M., & Ehlert, U. (2005). Sensation seeking, music preference, and psychophysiological reactivity to music. *Musicae Scientiae*, *9*, 239–254. DOI: 10.1177/102986490500900205

Niedenthal, P. M., Krauth-Gruber, S., & Ric, F. (2006). Psychology of emotion. *Interpersonal, experiential, and cognitive approaches*. New York: Psychology Press.

Nomura, S., Yoshimura, K., & Kurosawa, Y. (2013). A pilot study on the effect of music-heart beat feedback system on human heart activity. *Journal of Medical Informatics & Technologies*, *22*, 251–256. DOI: 10.1177/1029864913817805

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*, *10*, 39-45.

Panksepp, J., & Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: The neuro-

effective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60, 133-55. DOI: 10.1016/s0376-6357(02)00080-3

Philips, H.C. (1988). *The psychological management of chronic pain: A treatment manual*. New York: Springer.

Porges, S. W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology*, 74(2), 116-143. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2006.06.009

Rhudy, J. (2016). Emotional modulation of pain. In M. al'Absi & M. A. Flaten (Eds.), *The Neuroscience of pain, stress, and emotion* (pp. 51-75). London: Academic Press. DOI.: 10.1016/C2013-0-16065-5

Roy, M., Peretz, I., & Rainville, P. (2008). Emotional valence contributes to music-induced analgesia. *Pain*, 134, 140-147. DOI: 10.1016/j.pain.2007.04.003

Ruscheweyh, R., Stumpfenhorst, F., Knecht, S., & Marziniak, M. (2010). Comparison of the cold pressor test and contact thermode-delivered cold stimuli for the assessment of cold pain sensitivity. *Journal of Pain*, 11(8), 728–36. DOI: 10.1016/j.jpain.2009.10.016

Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. DOI: 10.1037/h0077714

Scherer, K. R. (2004). Which emotions can be induced by music? What are the underlying mechanisms? And how can we measure them? *Journal of New Music Research*, 33, 239–251. DOI: 10.1080/0929821042000317822

Schubert, E. (2010). Affective, evaluative and collative responses to hated and loved music. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(1), 36–46. DOI: 10.1037/a0016316

Schubert, E. (2013). Loved music can make a listener feel negative emotions. *Musicae Scientiae* 17(1), 11–26. DOI: 10.1177/2F1029864912461321

Smyth, J. M., & Heron, K. E. (2016). Is providing mobile interventions" just-in-time" helpful? An experimental proof of concept study of just-in-time intervention for stress management. *2016 IEEE Wireless Health*, 1-7.

Swaminathan, S., & Schellenberg, E. G. (2015). Current emotion research in music psychology. *Emotion Review*, 7(2), 189–197. DOI: 10.1177/1754073914558282

Thoma, M. V., Scholz, U., Ehlert, U., & Nater, U. M. (2011). The psychoneuroendocrinology of music effects on health. In A. Costa & E. Villalba (Eds.), *Horizons in neuroscience research* (pp. 189-202). New York: Nova Science Publishers. DOI:

10.1371/journal.pone.0070156

Wassiliwizky, E., Jacobsen, T., Heinrich, J., Schneiderbauer, M., & Menninghaus, W. (2017). Tears falling on goosebumps: Co-occurrence of emotional lacrimation and emotional piloerection indicates a psychophysiological climax in emotional arousal. *Frontiers in Psychology, 8*, Article 41. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00041

Williams, A. E., & Rhudy, J. L. (2007a). Affective modulation of eyeblink reactions to noxious sural nerve stimulation: a supraspinal measure of nociceptive reactivity? *International Journal of Psychophysiology, 66*(3), 255–265. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2007.08.006

Witvliet, C. V., & Vrana, S. R. (2007). Play it again Sam: Repeated exposure to emotionally evocative music polarises liking and smiling responses, and influences other affective reports, facial EMG, and heart rate. *Cognition and Emotion, 21*, 3–25. DOI: 10.1080/02699930601000672

Worthington, E. L. (1978). The effects of imagery content, choice of imagery content, and self-verbalization on the self-control of pain. *Cognitive Therapy & Research, 2*(3), 225–240.

Zentner, M., Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2008). Emotions evoked by the sound of music: Characterization, classification, and measurement. *Emotion, 8*(4), 494–521. DOI: 10.1037/1528-3542.8.4.494

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerzintensität und der Chillsfrequenz (an CPT-Terminen).

Abbildung 2. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerzintensität und der Chillintensität (an CPT-Terminen).

Abbildung 3. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerztoleranz und der Chillsfrequenz (an CPT-Terminen).

Abbildung 4. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der akuten Schmerztoleranz und der Chillintensität (an CPT-Terminen).

Abbildung 5. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT und der Chillsfrequenz.

Abbildung 6. Partielles Regressionsdiagramm mit LOESS-Glättung zum Zusammenhang der

Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT und der Chillintensität.

Abbildung 7. Partielles Regressionsdiagramm zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik und der Chillhäufigkeit (alle Termine).

Abbildung 8. Partielles Regressionsdiagramm zum Zusammenhang der Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch die Musik und der Chillintensität (alle Termine).

Anhang

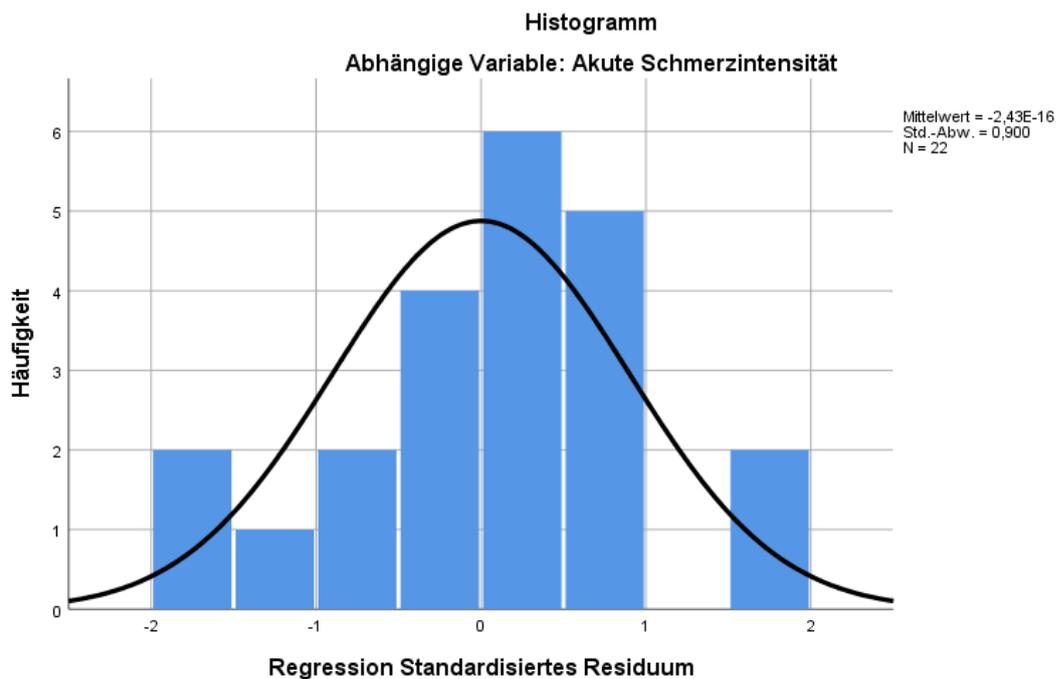
Anhang A: Dokumentation zum Umgang mit fehlenden Werten

a) *Fehlende Werte und folgende Berechnung des jeweiligen Durchschnittswert mit reduzierter Anzahl an Messpunkten:* VP 19005, Termin 1, Variable *Chillhäufigkeit*; 19003: t5/*Chillintensität*; 19005: t3/*Chillhäufig.*; 19017: t2/*Chillhäuf. & Chillint.*; 19018: t3/*Schmerzintensität beim CPT*; t4/*Chillhäuf. & Chillint.*; 19028: t1/*Chillhäuf. & Chillint*; 19030: t6/*Schmerztoleranz beim CPT*; t9/*Chillhäuf. & Chillint.*

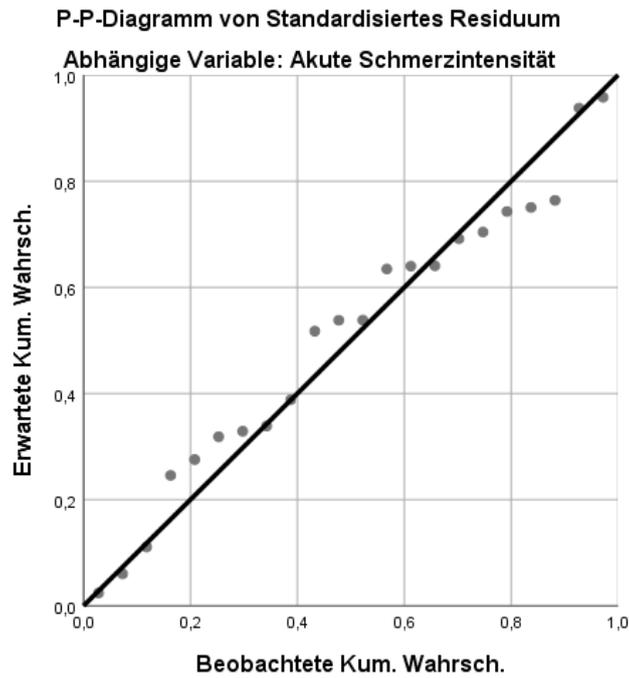
b) *Fehlende Variablen und Imputation des Durchschnittswerts der Variable bei der jeweiligen VP:* 19017: t6/*Schmerz vor CPT*; 19018: t3/*Schmerz nach CPT*; 19017

Anhang B: Effekt von Chills auf die akute Schmerzintensität

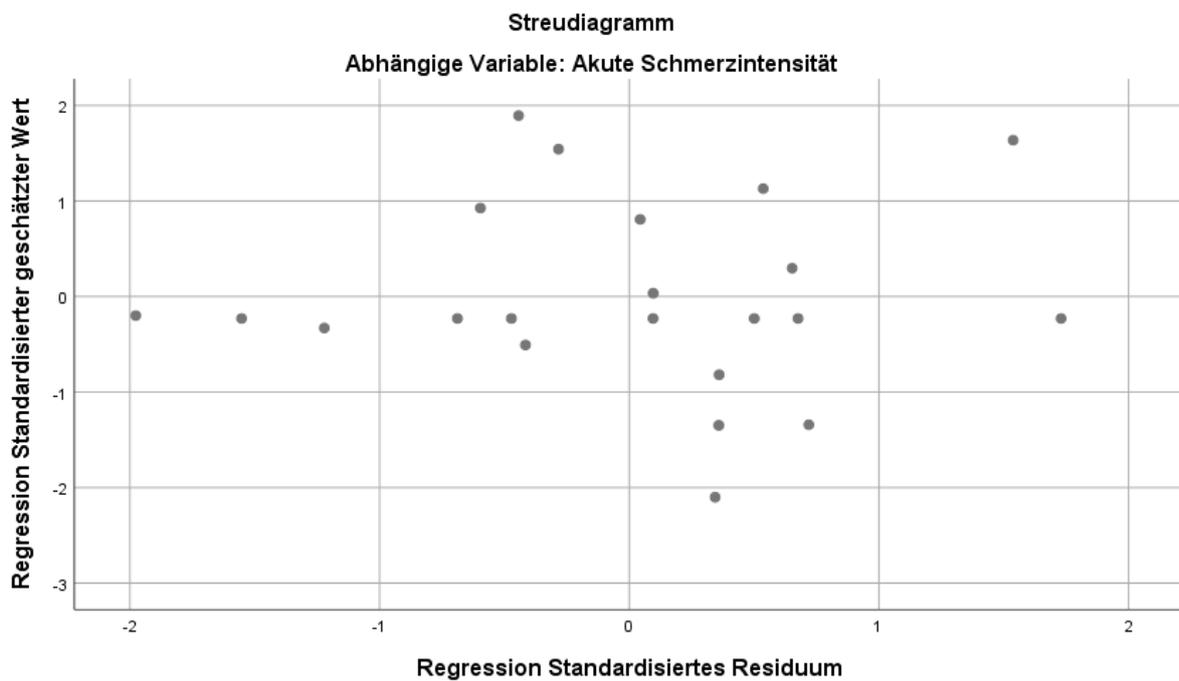
B.1: Normalverteilung der Residuen für Modell mit $Chillhäufigkeit^2$ und $-intensität^2$



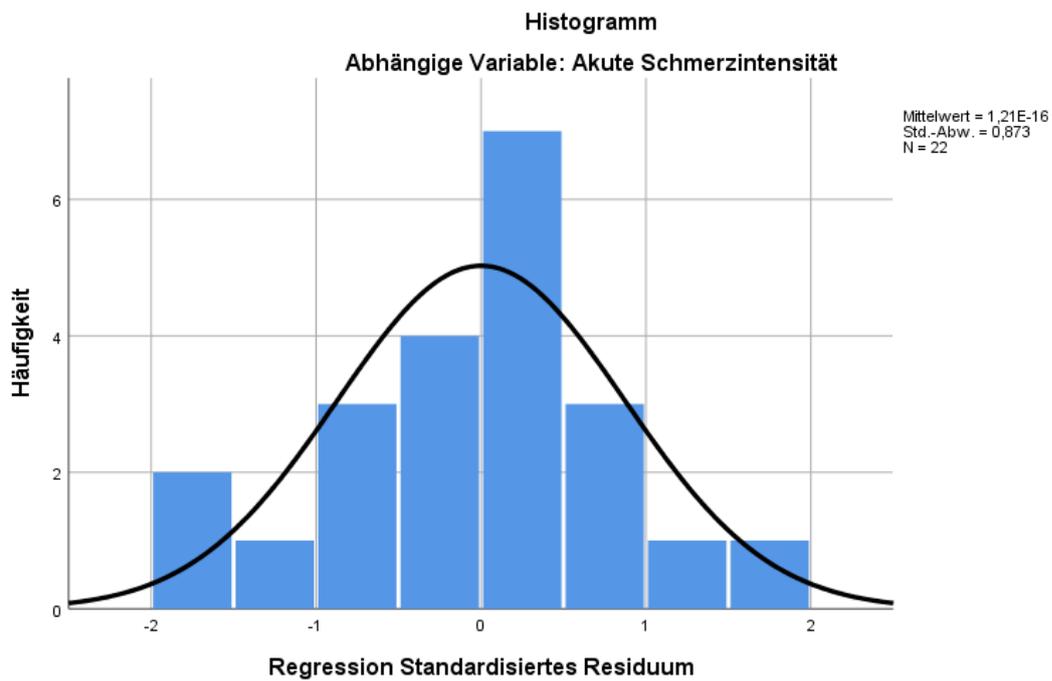
B.2: P-P-Diagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität²



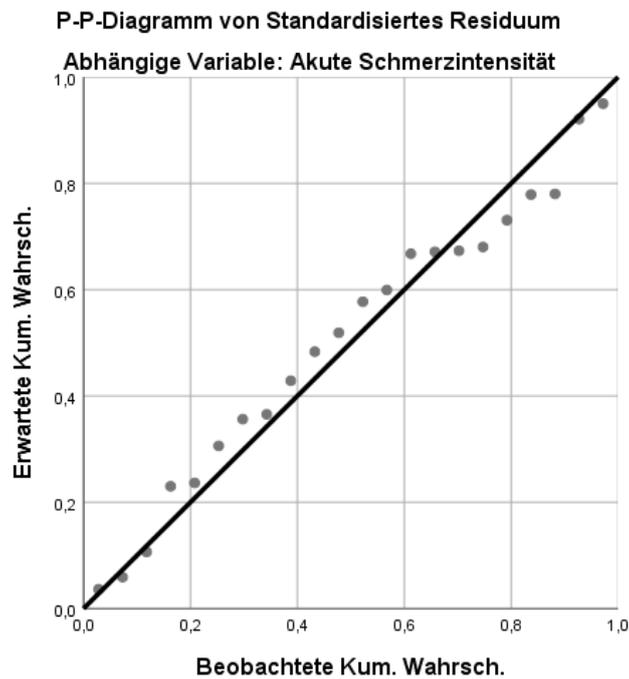
B.3: Streudiagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität²



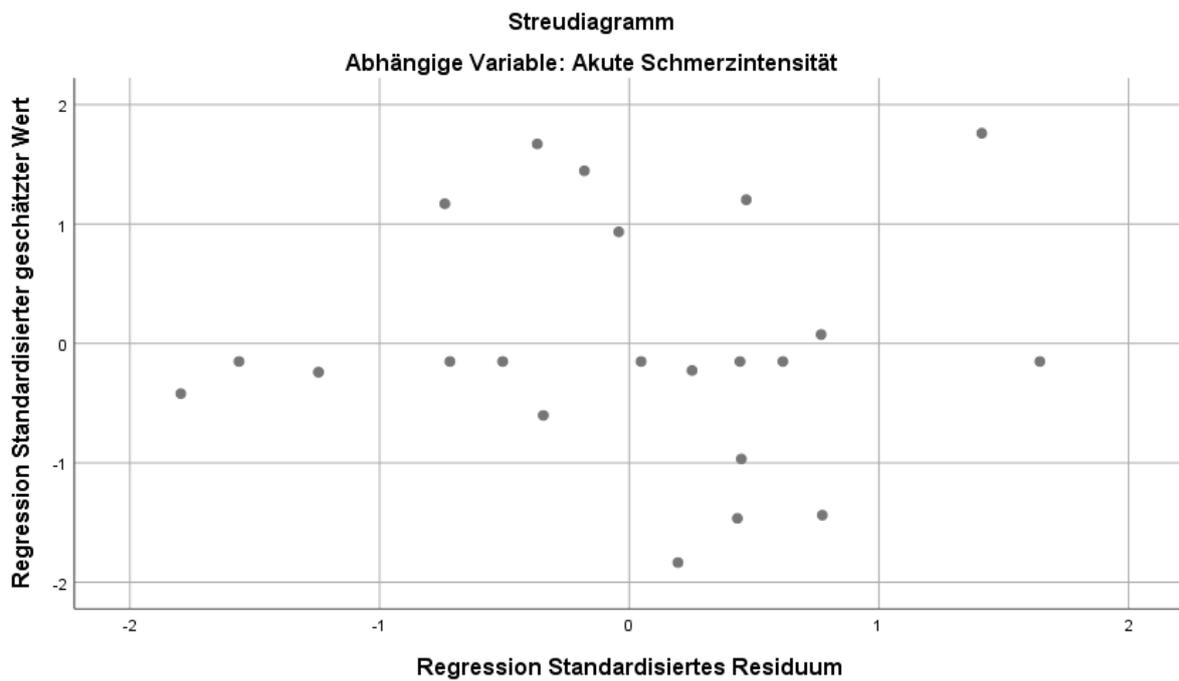
B.4: Normalverteilung der Residuen für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³



B.5: P-P-Diagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³

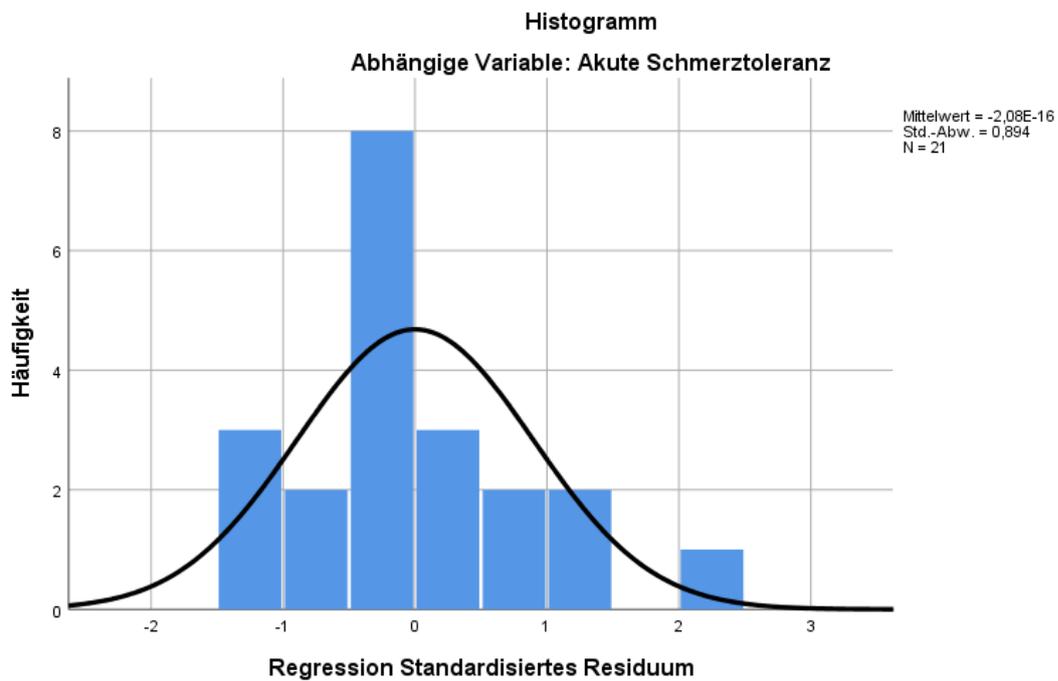


B.6: Streu-Diagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³

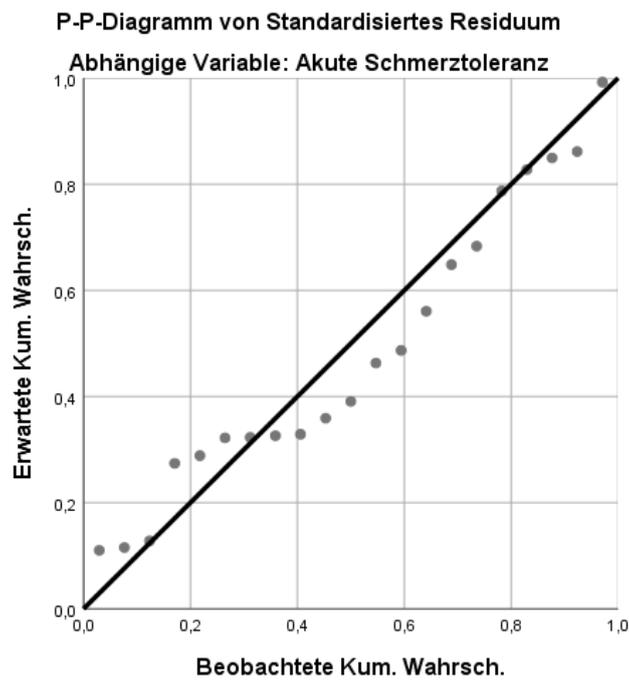


Anhang C: Effekt von Chills auf die akute Schmerztoleranz

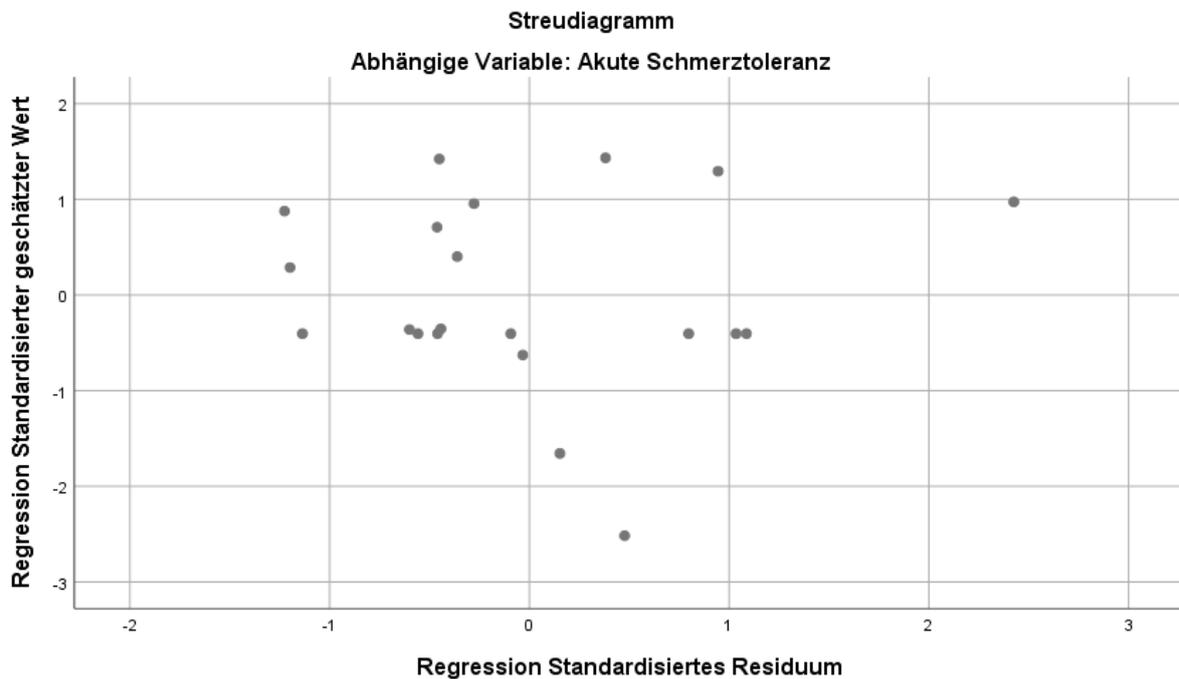
C.1: Normalverteilung der Residuen für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität²



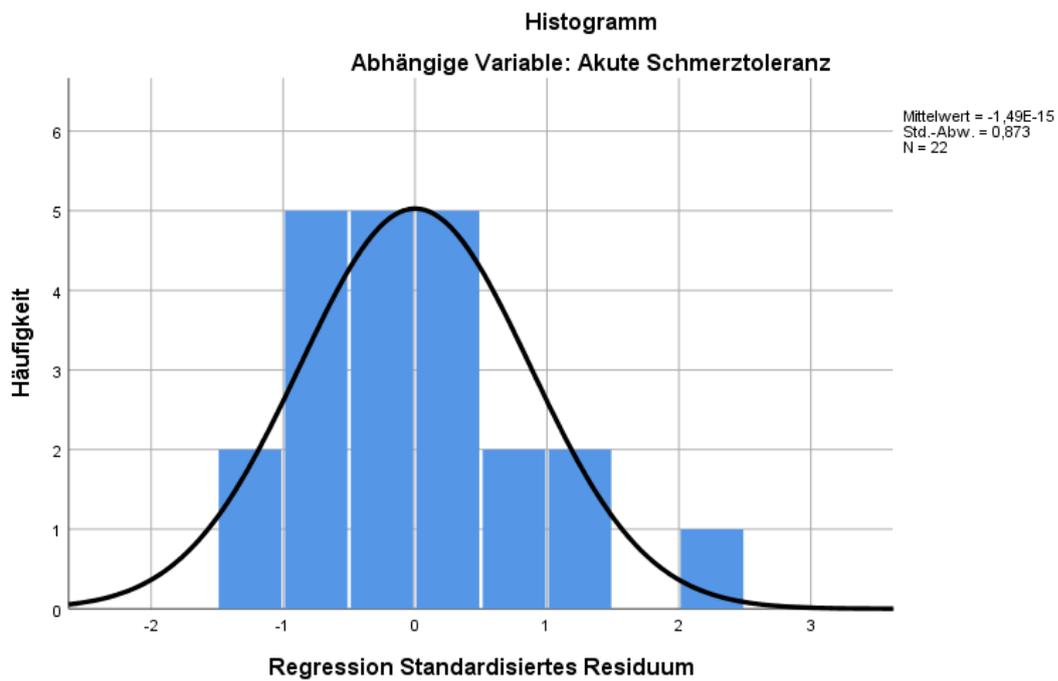
C.2: P-P-Diagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität²



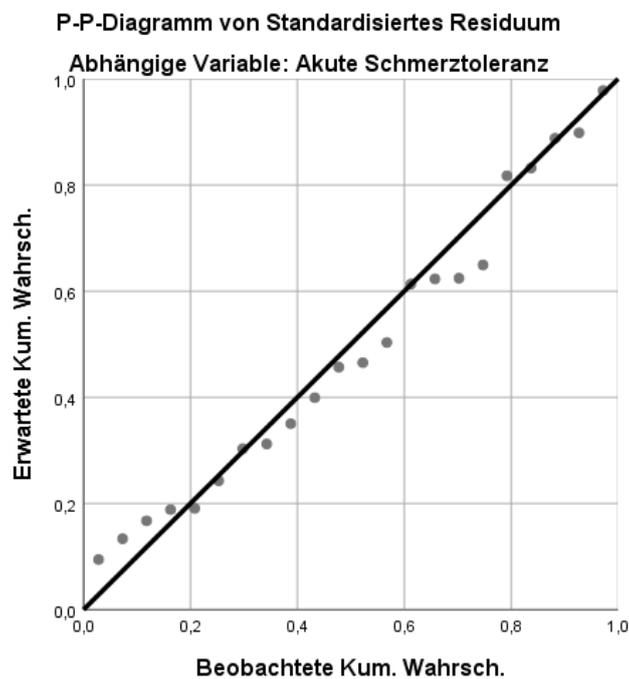
C.3: Streudiagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität²



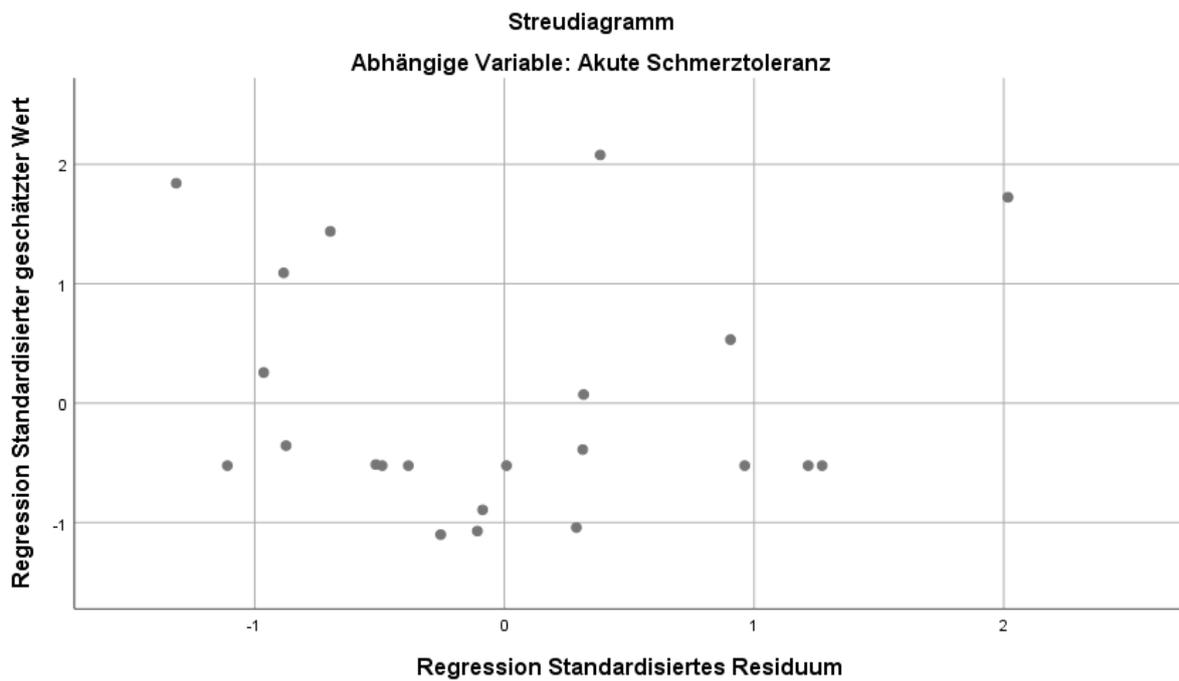
C.4: Normalverteilung der Residuen für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³



C.5: P-P-Diagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³

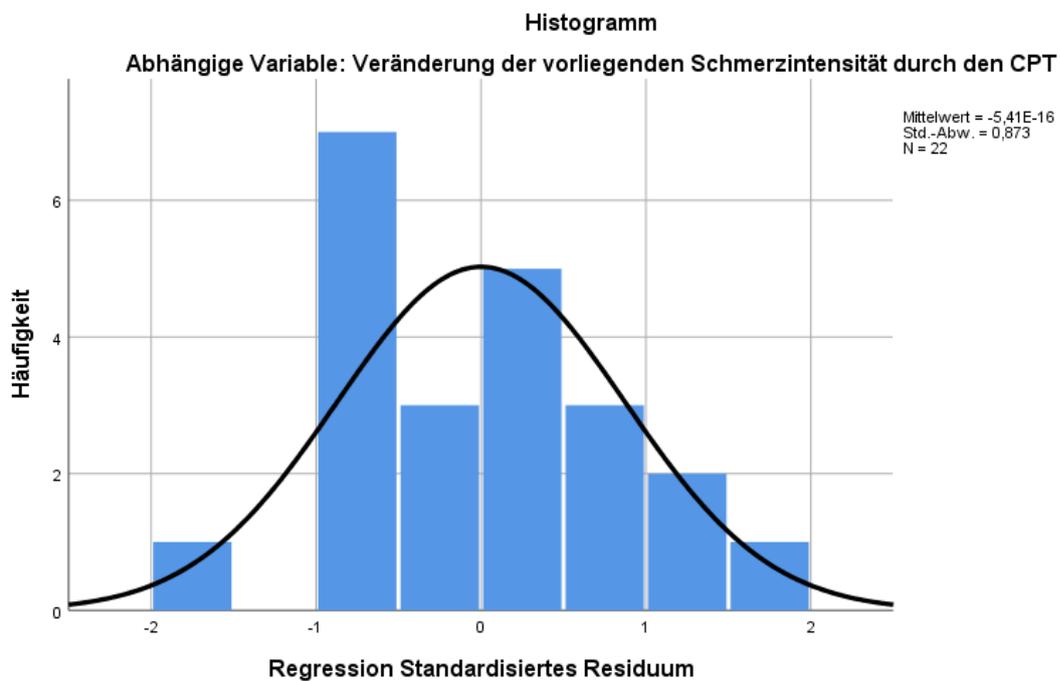


C.6: Streudiagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³

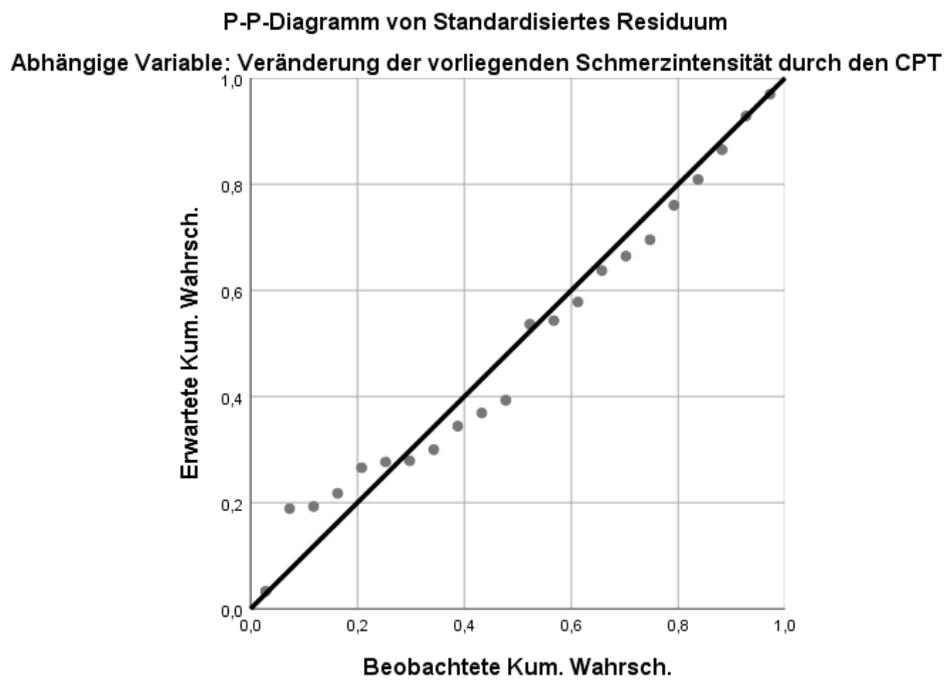


Anhang D: Effekt von Chills auf die Veränderung der vorl. Schmerzintensität d. d. CPT

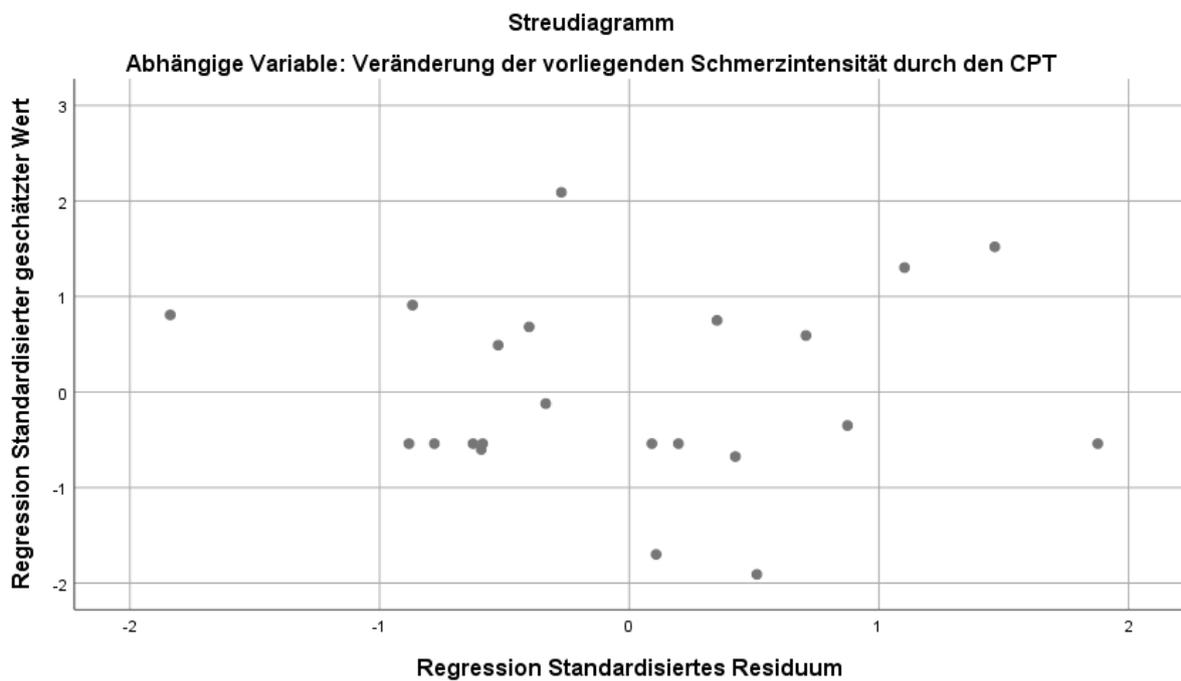
D.1: Normalverteilung der Residuen für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³



D.2: P-P-Diagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³

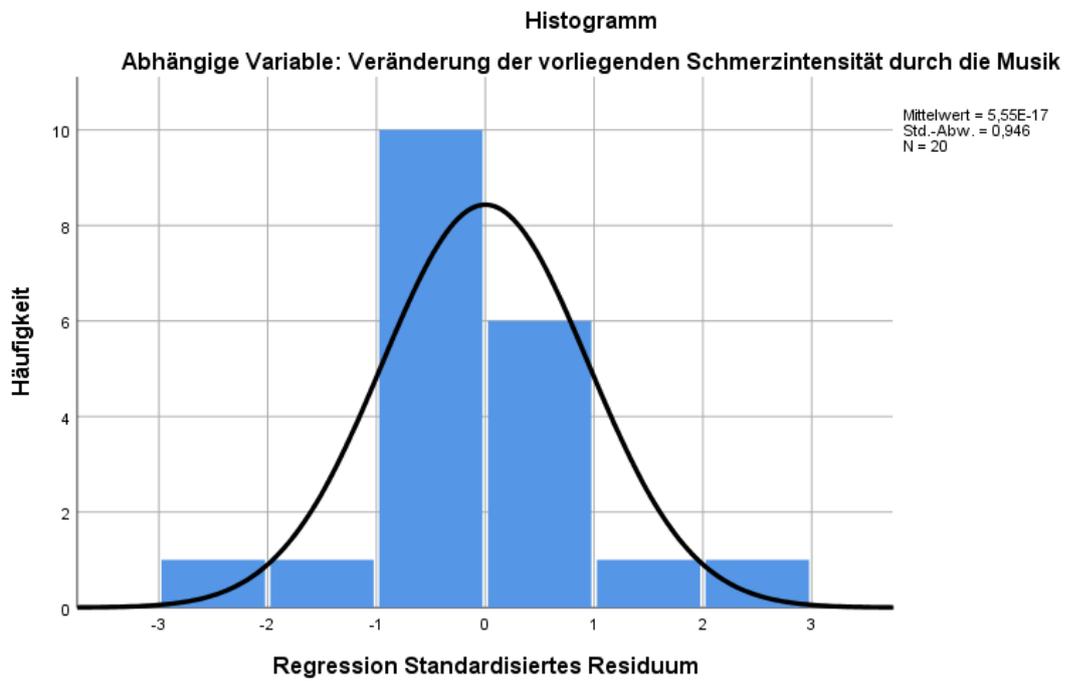


D.3: Streudiagramm für Modell mit Chillhäufigkeit² und -intensität³

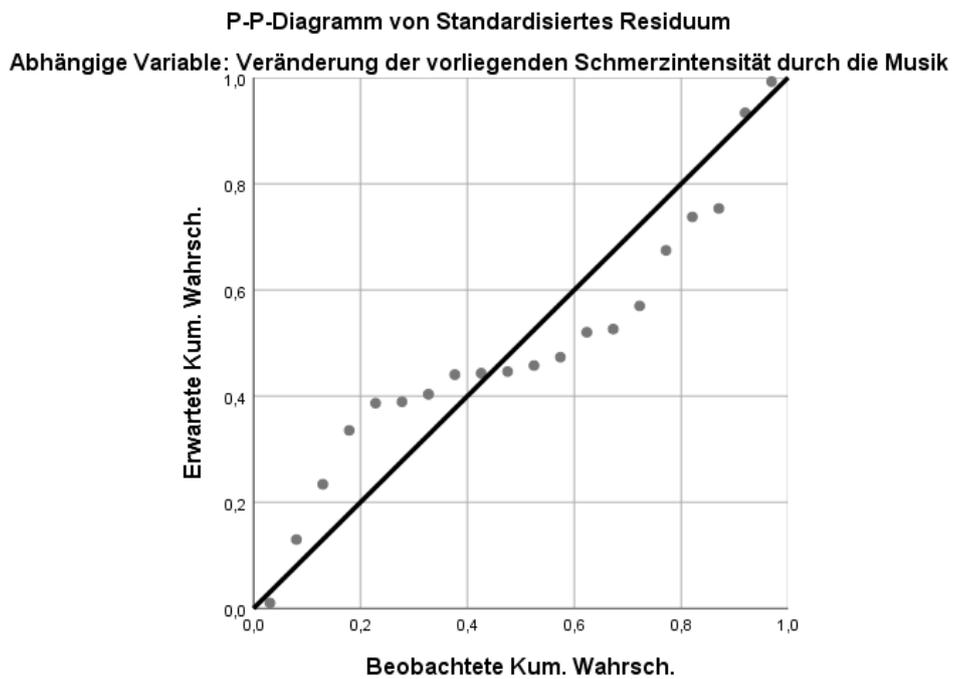


Anhang E: Effekt von Chills auf die Veränderung der vorl. Schmerzintensität d. d. Musik

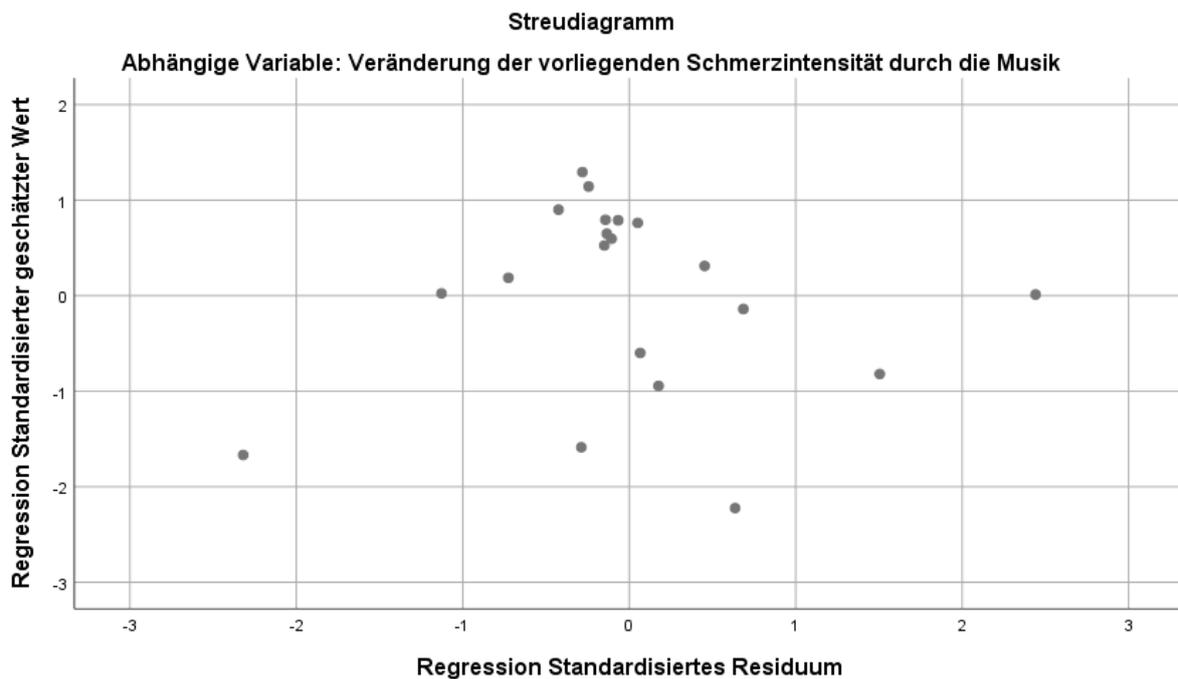
E.1: Normalverteilung der Residuen für Modell der linearen Regression



E.2: P-P-Diagramm für Modell der linearen Regression



E.3: Streudiagramm für Modell der linearen Regression



Anhang F: Abstracts

English: Integrating existing knowledge, a model linking music-induced chills to pain with stress-reduction and positive emotions as mediators was created. A first empirical analysis was conducted using the currently available part of the data of a still-running study about music and pain (*Music-based Intervention for the Reduction of Pain by the Music and Health Lab* of the psychological faculty of University of Vienna), which compares the effect of the different types of music-interventions (researcher-selected & with modulation of frequencies; researcher-selected; selected by the listeners) on different health-related outcomes in ten sessions of 60 minutes, containing pain-induction via the Cold Pressor Test (CPT). In a probe of $n = 25$ (20-35 years; $m = 26.21$), no significant evidence for the expected strictly positive or any other (according to graphical analysis: quadratic or cubic) analgetic effect of chills was found (acute pain tolerance: $p = .15/.23$; acute pain intensity: $p = 15/.23$; change of present pain intensity due to CPT: $p = .34$; change of present pain intensity by listening to music: $p = .73$). Still, the meaningfulness of the generated results appears to be strongly limited due to a low matching of study design and research question, most prominently regarding a very low amount of chill-frequency and -intensity, leading to a most likely underpowered study-design. Suggestions for addressing those limitations by future research are discussed alongside present theoretical gaps and further methodological

challenges, above all regarding the induction of chills in experimental settings and the operationalisation of positive (music-related) emotions.

Deutsch: Unter Rückgriff und Integration bestehender Wissensbestände wurde ein Modell des Einflusses musikbezogener Chills auf Schmerz unter Berücksichtigung von positiven Emotionen und Stressreduktion als Vermittlervariablen erstellt. Eine erste empirische Überprüfung dieses Modells erfolgte unter Nutzung der Teildaten einer zum Zeitpunkt des Verfassens der Arbeit noch laufenden Studie zu Musik und Schmerz (*Music-based Intervention for the Reduction of Pain* des *Music and Health Labs* der psychologischen Fakultät der Universität Wien), die den Effekt von drei Musikinterventionen (fremdgewähl-frequenzmoduliert, fremdgewählt und selbstgewählt) in zehn 60-minütigen Interventionsterminen u. a. auf diverse Schmerzvariablen und unter Rückgriff auf den Cold Pressor Test (CPT) als Mittel zur Schmerzinduktion erhebt. In einer Stichprobe von 25 Versuchspersonen im Alter von 20-35 Jahren ($m = 26.21$) konnte keine signifikante Evidenz für den erwarteten strikt positiven oder die zum Teil nach graphischen Analysen überprüften quadratischen und kubischen analgetischen Effekt von Chillhäufigkeit und -intensität nachgewiesen werden (akute Schmerztoleranz: $p = .15/.23$; akute Schmerzintensität: $p = .15/.23$; Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch den CPT: $p = .34$; Veränderung der vorliegenden Schmerzintensität durch Musikhören: $p = .73$). Die Aussagekraft dieser Ergebnisse ist jedoch aufgrund einer sehr geringen Passung von Studiendesigns und Fragestellung als stark eingeschränkt zu werten. Anregungen zu zukünftigen Verbesserungsversuchen (v. a. hinsichtlich die Erhöhung von Testpower durch größere Stichproben oder höhere Chillkonzentration) sowie theoretische und methodologische Herausforderungen, v. a. zur Induktion von Chills im experimentellen Setting und zur Operationalisierung (musikbezogener) Emotionen, wurden diskutiert.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.



Wien, 18.05.2020

Hendrik Ressel

Danksagungen

Einen großen Dank an Rosa Maidhof und Dr. Urs Nater, für die intensive und in allen Bereichen unterstützende Betreuung, sowie an Anja Feeneberg und Nadine Skoluda!

Einen großen Dank ebenfalls an Mutti, Papa und Miriam, ohne dich ich mein Studium in dieser Form nicht hätte absolvieren können.

Einen großen Dank außerdem an meine Freund*innen und Korrekturleser*innen Nils und Lisi und an Martin, der mich seit Jahren technisch ausstattet. Zuletzt einen großen Dank an meine Gastgeber*innen in den letzten Monaten, Nils und Mariya, Adrian und Aleks und die F.r.a.n.k.s.