

Eine Studie zur analgetischen Wirkung von Musik

Diana Karow und Günther Rötter

Zusammenfassung

In dieser experimentellen Studie wurde untersucht, ob Musikhören die thermische Schmerzschwelle des Menschen verändern und den natürlichen Sensibilisierungsvorgang (d.h. ein mit fortschreitender Reizeinwirkung kontinuierliches Absinken der Schmerzschwelle) beeinflussen kann. Darüber hinaus wurde der Einfluß weiterer Variablen überprüft, darunter *Geschlecht, Musiker oder Laie, emotionale und kognitive Schmerzverarbeitungsmerkmale* sowie *Coping-Strategien der Vpn* und hinsichtlich der Musik *Stilrichtung, Tempo* und *Lautstärke*.

Als Schmerzinduktor diente eine dem sog. Hardy-Dolorimeter ähnliche Apparatur, die durch Strahlungshitze Schmerz erzeugt. Als Maß für die Reizintensität galt die gemessene Hauttemperatur.

Es zeigte sich, daß die thermische Schmerzschwelle durch Musikhören signifikant erhöht werden konnte. Ebenso konnte Musikhören den Sensibilisierungsvorgang signifikant verhindern. Die Studie deutet darauf hin, daß Musikhören als kognitive Bewältigungsstrategie auf der Grundlage der Gate-Control-Theorie (Melzack & Wall 1965) zur Erhöhung der Schmerztoleranz führen kann, wobei offenbar unterschiedliche Hörstrategien und Zugangsweisen zur Musik sowie unterschiedliche Grade der Aufmerksamkeitszuwendung eine wichtige Rolle spielen.

Abstract

In this study, we tried to find out whether listening to music can change the thermal pain threshold and influence the natural process of sensibilization (i. e. continuous falling of the pain threshold during the time of stimulation). We also examined the influence of additional variables, namely *sex, status of musician or non-musician, emotional and cognitive pain-management* and *coping strategies of the subjects*, and concerning music, *style, tempo* and *volume*.

We used an apparatus very similar to what is known as the Hardy-Dolorimeter, which induces pain by radiation heat. As a measure of stimulus intensity we took the subject's skin temperature. The thermal pain threshold could be significantly raised by listening to music, as could the process of sensibilization be prevented.

Based on the Gate-Control Theory (Melzack & Wall 1965), the study suggests that listening to music might serve as a cognitive coping strategy which can increase pain tolerance. Obviously, different ways of listening and different degrees of paying attention to music play an important role.

1. Einleitung

Schmerz und Musik – diese auf den ersten Blick etwas befremdlich wirkende Verbindung führt bei sinnesphysiologischer Betrachtungsweise zu der Erkenntnis, daß wir es hier mit zwei „Reizen“ zu tun haben, einmal mit einem schmerzhaften und zum anderen mit einem musikalischen „Reiz“. Beide Inputs werden vom menschlichen Organismus aufgenommen, weitergeleitet und schließlich wahrgenommen, wobei kognitions- und emotionspsychologische Faktoren eine wichtige Rolle spielen. Daraus ergibt sich die Frage, ob es möglicherweise Interaktionen zwischen dem nozizeptiven und dem Musik perzipierenden System gibt und wenn ja, wie sich diese ausprägen.

Der Vorgang und das Ergebnis der Reizverarbeitung im Organismus – auch bezogen auf nozizeptive Reize – wird nicht nur von außen bestimmt. Hier spiegeln sich u. a. Stimmungen, Befindlichkeit, Erwartungen, Aufmerksamkeit, vorher erworbene Anpassungsfähigkeiten (Coping-Mechanismen) sowie das soziale Umfeld und kulturelle Faktoren wider (vgl. Egle & Hoffmann 1990).

Die Rolle psychologischer Variablen wurde erstmals in der *Gate-Control-Theorie* des Psychologen Melzack und des Anatomen Wall (1965) berücksichtigt. Diese Theorie versucht, die verschiedenen Komponenten der Schmerzentstehung und -wahrnehmung und einige Prozesse sowohl der Schmerzinhibition als auch der Chronifizierung zusammenzufassen und dabei insbesondere die psychischen Aspekte des Schmerzgeschehens angemessen zu integrieren. Interessanterweise erfolgte ihre Formulierung auf der Grundlage von experimentellen Untersuchungen, bei denen schmerzhaft Impulse durch *akustische* Stimuli unterdrückt werden konnten (vgl. Melzack, Weisz & Sprague 1963, S. 239 ff.). Tatsächlich bietet diese Theorie Erklärungsmöglichkeiten für die Wirkmechanismen verschiedener therapeutischer Interventionen wie elektrische Stimulationsverfahren oder psychologische Methoden (kognitive und operante Verfahren). Die namensgebende Idee der Gate-Control-Theorie basiert auf der Vorstellung, daß der Übertragungsmodus von Nervenimpulsen in der Substantia gelatinosa in den Hinterhörnern des Rückenmarks wie ein „Tor“ funktioniert, das Afferenzen abschwächen oder verstärken kann noch bevor eine zentrale Schmerzverarbeitung stattfindet. Obwohl diese Theorie von Anfang an im Kreuzfeuer der Kritik stand und sogar in einigen Aspekten als widerlegt gilt, ist ihr innovativer Einfluß auf die Medizin und die Klinische Psychologie auch jetzt noch beträchtlich.

Die Gate-Control-Theorie beschrieb unter anderem erstmals supraspinal absteigende Hemmsysteme, die eine zentrifugale Kontrolle der nozizeptiven Information bereits auf spinaler Ebene ermöglichen. Diese Hemmung geht von zahlreichen Efferenzen des Kortex und des Hirnstamms aus, wobei vor allem die kortikalen Hirnteile über emotionale Reaktionen wie Angst und über kognitive Vorgänge wie frühere Schmerzerfahrungen, Aufmerksamkeit und Ablenkung schnell den Schmerz-Informationeninput im Rückenmark beeinflussen sollen. Die Existenz solcher absteigenden Hemmsysteme gilt heute als gesichert (vgl. u. a. Guirimand & Le Bars 1996). Die Beeinflussung der absteigenden Hemmsysteme durch Aufmerksamkeitsablenkung – wie es Melzack & Wall postulierten – konnte u. a. in tierexperimentellen Studien nachgewiesen werden. Bei Affen hatten verschiedene Zustände von Aufmerksamkeit eine modulatorische Wirkung auf aktivierte nozizeptive Hinterhornneurone: Wurde die Applikation schmerzhafter Hitzereize durch einen visuellen Reiz angekündigt, d. h. war der erwartete Hitzereiz mit mehr Aufmerksamkeit belegt, so wiesen die Neuronen eine wesentlich höhere Impulsfrequenz auf als im Vergleich zu unbeachteten Reizen (vgl. Larbig 1993, S. 53). Auch die Entdeckung des körpereigenen schmerzhemmenden Endorphinsystems (vgl. u. a. Pert & Snyder 1973) bestätigte und erweiterte die von der Gate-Control-Theorie angenommene kortikofugale Schmerzkontrolle.

2. Ziel der Studie

Der Einsatz von Musik zur Schmerzreduktion war bisher insbesondere im amerikanischen Raum Thema zahlreicher klinischer Studien. Im Rahmen experimenteller Forschung haben sich allerdings nur relativ wenige Studien mit dieser Thematik beschäftigt. In Deutschland sind Spintge und Droh mit eigenen klinischen Studien und als Herausgeber von Medizin-Musik-Literatur zu nennen. Einen wertvollen Beitrag zum Thema „Schmerz und Musik“ liefert Müller-Busch (1997).

In Zusammenarbeit mit der Medizinischen Fakultät der Ruhruniversität Bochum¹ wurde in der vorliegenden experimentellen Studie untersucht, ob Musikhören die thermische Schmerzschwelle des Menschen verändern (Fragestellung 1) und den natürlichen Sensibilisierungsvorgang (d. h. ein mit fortschreitender Reizeinwirkung kontinuierliches Absinken der Schmerzschwelle) beeinflussen kann (Fragestellung 2). Darüber hinaus wurde der Einfluß weiterer Variablen überprüft, darunter *Geschlecht*, *Musiker* oder *Laie*, *emotionale* und *kognitive Schmerzverarbeitungsmerkmale*

1 An dieser Stelle möchten wir uns herzlich bei Herrn Prof. Dr. Peter Kiwull vom Institut für Physiologie an der Ruhruniversität Bochum bedanken, der uns zwei Praktikumsräume überlassen sowie die komplette Versuchsanlage zur Verfügung gestellt hat und uns nützliche praktische Tipps zur Versuchsdurchführung mit auf den Weg gab.

sowie *Coping-Strategien der Vpn* und hinsichtlich der Musik *Stilrichtung*, *Tempo* und *Lautstärke*.

3. Aufbau der Studie

3.1 Die Probanden

Die Studie wurde mit 34 Probanden im Alter von 22–30 Jahren durchgeführt, die in männliche und weibliche Musiker (9 + 9) und männliche und weibliche Laien (8 + 8) eingeteilt wurden. Als Musiker galten Probanden, die selbst ein oder mehrere Instrumente spielen und über eine musiktheoretische Ausbildung verfügen. Die Laien machten selbst nicht aktiv Musik und waren auch nicht musiktheoretisch ausgebildet. Aufgrund ihrer Vorinformation wußten die Probanden, daß es um die Bestimmung ihrer Schmerzschwelle ging. Außerdem glaubten sie, daß es sich um eine Studie im Rahmen des Faches Biologie handelte. Um also zu verhindern, daß die Vpn voreingenommen hinsichtlich einer möglichen Wirkung der Musik an das Experiment herangehen und es zu einem von Melzack (1963) nachgewiesenen Placebo-Effekt kommt, wurde ihnen die wirkliche Intention der Studie verschwiegen und die Musik so beiläufig wie möglich in den Versuchsablauf integriert.

3.2 Algesimetrische Methode

Das Meßverfahren basiert in seinen Grundzügen auf dem sogenannten „Hardy-Dolorimeter“, einer algesimetrischen Apparatur, die Schmerz durch Strahlungshitze erzeugt (vgl. Hardy 1953, S. 728). Durch die Wärmeinduktion wird ein typischer C-Faser-Schmerz (Schmerzqualität: brennend) von klinischer Relevanz ausgelöst (vgl. Scholz 1994, S. 113). Die meisten Lehrbücher geben als thermische Schmerzschwelle eine Hauttemperatur von 40–45 °C an, wobei mit der Schmerzschwelle derjenige Punkt gemeint ist, an dem die subjektive Empfindung von bloßer Wärmeempfindung in Schmerzempfindung übergeht. Der biologische „Zweck“ dieser Schwelle wird deutlich, wenn man Henriques' (1947) Untersuchungen betrachtet: Die kritische Temperatur für eine beginnende Denaturierung der Gewebsproteine wurde bei 45 °C ermittelt (vgl. Hensel 1966, S. 201).

Als Maß für die Reizintensität gilt in diesem Versuch die gemessene Hauttemperatur, da die Erregung der Nozizeptoren offenbar von der Temperatur am Rezeptor abhängig ist. Die Schmerzschwelle selbst ist intraindividuell gut reproduzierbar (vgl. Handwerker 1984, S. 106f.), was von entscheidender Bedeutung für die durchgeführte Studie ist.

Der Versuch gliedert sich in zwei Phasen: Als erstes wird die individuelle Schmerzschwelle des Probanden bestimmt, indem der Proband selbst die Leistung des Strahlers – ausgehend von einem sicher unterschwelligen

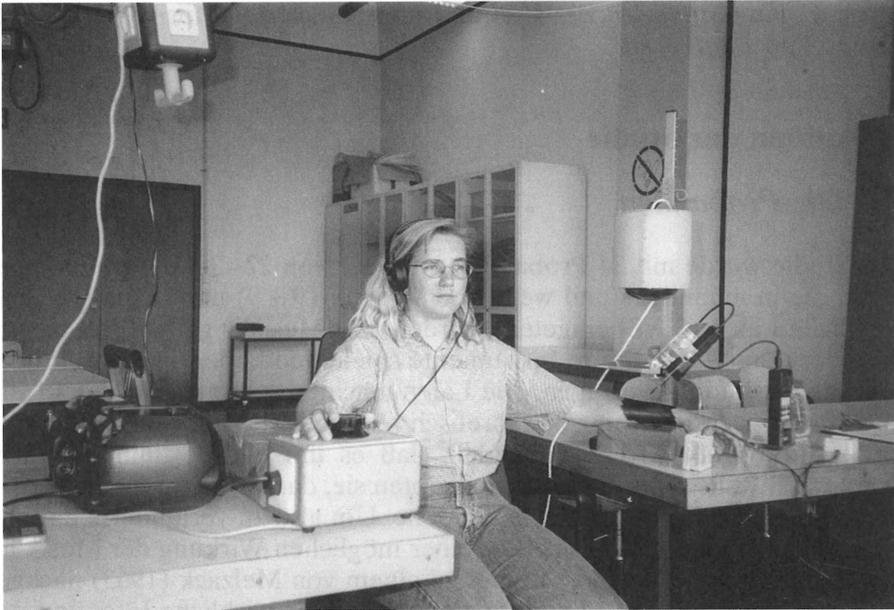


Abb. 1:
Probandin bei einem Versuchsdurchgang

Wert von 120 Watt – alle 30 Sekunden (markiert durch das Aufleuchten eines Glühlämpchens) um 5 Watt erhöht bis er das Erreichen der thermischen Schmerzschwelle meldet (Zeitpunkt t_0). Die entsprechende Hauttemperatur wird dann von der Versuchsleiterin an einem Infrarot-Thermometer abgelesen. Die Vp darf dieses Thermometer nicht einsehen und wird auch nicht mündlich über die Meßwerte informiert.

In der zweiten Phase geht es um eine mögliche Veränderung der Schmerzschwelle in Abhängigkeit von der Reizdauer. Die Vp soll nun – ausgehend von dem ermittelten Schwellenwert – die Strahlungsleistung durch leichtes Korrigieren immer wieder so einregeln, daß die subjektive Empfindung ständig gerade dem Übergang von Wärme- zu Schmerzempfindung, also der *thermischen Schmerzschwelle*, entspricht. Über einen Zeitraum von 14 Minuten notiert die Versuchsleiterin dann jeweils im Abstand von einer Minute die sich dabei ergebenden Hauttemperaturen. Eine längere Versuchsdauer würde vermutlich zu ernsthafteren Gewebeschädigungen führen, bei einer kürzeren Versuchszeit könnte man kaum Aussagen über den Sensibilisierungsvorgang machen. Während der 14 Minuten ist eine kontinuierliche Abnahme der Schmerzschwellentemperatur zu erwarten, die auf eine Sensibilisierung der Nozizeptoren im bestrahlten Hautareal durch den andauernden Hitzereiz zurückgeführt werden kann (vgl. Greene & Hardy 1962, S. 693 ff.). Die Aktivierung der Nozizeptoren geht wahrscheinlich auch mit einer Ausschüttung chemischer Substanzen einher, die die Erregungs-

schwelle des Nozizeptors senken. Hier sind vor allem Entzündungsmediatoren wie Bradykinin, Histamin und Serotonin zu nennen, die überall dort gebildet und freigesetzt werden, wo Gewebe geschädigt wurde. Während die meisten Rezeptoren bei andauernder Stimulation ermüden, kommt es bei den Nozizeptoren nach dauerhafter Erregung zu einer Sensibilisierung, die sich in einer Senkung der Reizschwelle für eine Aktivierung und in einer erhöhten Feuerungsrate bemerkbar macht. Es ist naheliegend zu vermuten, daß diese Sensibilisierung der Nozizeptoren gegenüber Bradykinin durch eine Vermehrung der Bradykinin-Rezeptoren oder eine Affinitätssteigerung gegenüber dem Agonisten erreicht wird. Die Folge ist, daß ein in einer lädierten Region wahrgenommener Reiz, der normalerweise nicht als unangenehm empfunden wird, nach erfolgter Sensibilisierung schmerzhaft ist. Dies erscheint sinnvoll, da die lädierte Region wahrscheinlich nicht weiter dem Reiz ausgesetzt wird und so die Wiederinstandsetzung des Gewebes begünstigt wird (vgl. Hiemke 1993, S. 62f.).

Auf die Nachfrage der Vpn, warum das Nachkorrigieren des Reglers überhaupt nötig sei, wurde lediglich erklärt, daß die Hauttemperatur aufgrund der Erwärmung nicht mehr nur von der Strahlungsintensität abhängig sei, sondern daß nun auch physiologische Faktoren wie z.B. eine erhöhte Durchblutung die Hauttemperatur beeinflussen könne und somit das Nachkorrigieren der Strahlungsintensität notwendig sei.

Jede Vp unterzog sich zwei Durchgängen, einem Durchgang mit Musikapplikation und einem ohne. Bei einem Durchgang mit Musik stellte die Vp zu Beginn der Erwärmungsphase selbst eine für sie angenehme Lautstärke ein, die dann im weiteren Verlauf beibehalten wurde. Zwischen den beiden Durchgängen lag ein Zeitraum von mindestens 24 Stunden und höchstens neun Tagen. Bei den meisten Probanden wurden die beiden Versuchsdurchgänge mit einem Abstand von zwei Tagen durchgeführt.

Ein kritischer Punkt des durchgeführten Experiments könnte darin gelegen haben, daß man kaum kontrollieren konnte, ob die Vp tatsächlich die ganze Zeit über die gestellte Aufgabe korrekt ausführt. Dem entgegenzuhalten ist, daß die Probanden sehr motiviert und hoch konzentriert mitgearbeitet haben, so daß man annehmen kann, daß sie alle Anweisungen gewissenhaft und im Sinne der Versuchsleiterin befolgt haben. Um sicherzugehen, daß etwaige Veränderungen der Schmerzschwellen und des Sensibilisierungsverhaltens nicht durch andere Einflußgrößen, wie z.B. die Tagesform oder einfach durch die Tatsache, daß die Probanden beim zweiten Durchgang „mutiger“ im Umgang mit der Apparatur waren, hervorgerufen wurden, wurde zum einen eine Kontrollgruppe mit fünf Personen eingerichtet, die zwei Durchgänge ohne Musik absolvierten. Hier zeigte sich, daß die Schmerzschwellen und das Sensibilisierungsverhalten intra-individuell gut reproduzierbar sind (s. auch Handwerker 1984, S. 106f.). Als zweite Maßnahme bekam eine Hälfte der Vpn beim ersten Durchgang Musik zu hören, die andere Hälfte erst beim zweiten Mal. Eventuelle Sequenzeffekte konnten so erfolgreich ausbalanciert werden, was eine nachfolgende einfaktorielle Varianzanalyse bestätigte.

3.3 Die Musikauswahl

Es gab eine Auswahlliste mit ruhigen Musikstücken mit langsamem Tempo und eine Liste mit eher lebhaften und abwechslungsreichen Stücken mit schnellem Tempo. Eine Gruppe der Vpn bekam die Auswahl „langsameres Tempo“ vorgelegt, die andere Gruppe die Auswahl „schnelles Tempo“. Innerhalb dieser Listen wurden sechs verschiedene Musikrichtungen angeboten, von denen sich die Probanden eine aussuchen konnten: Barock, Klassik, Romantik/tonale Musik des 20. Jahrhunderts, Jazz/Funk/Soul, Rock/Pop, Punkrock/Heavy Metal (bei der Auswahl „schnelles Tempo“) und Meditationsmusik („sanfte“ Gitarren- und Flötenmusik bei der Auswahl „langsameres Tempo“).² Um einen reibungslosen Ablauf bei der Musikwiedergabe und eine sehr gute Klangqualität zu gewährleisten, wurden für diese Studie Compact Discs angefertigt, auf denen die jeweils ca. 25 Minuten dauernden Musikblöcke zusammengestellt werden konnten. Dabei wurde darauf geachtet, daß alle Stücke mit dem gleichen Lautstärkepegel überspielt wurden, so daß die letztendlich gehörte Lautstärke der Stücke untereinander vergleichbar war, denn eine Fragestellung der Studie zielte auf den Parameter *Lautstärke* ab.

3.4 Testmaterial

Zur Erfassung von emotionalen und kognitiven Schmerzverarbeitungsmerkmalen sowie zur Erfassung von Formen der Schmerzbewältigung (Coping-Strategien) wurde der Test „Kieler Schmerzinventar“ (KSI) von Hasenbring (1992) eingesetzt.

3.5 Statistische Methoden

Mit einer fünffaktoriellen Varianzanalyse mit Meßwiederholungen auf zwei Faktoren (*mit/ohne Musik* und *15 Meßzeitpunkte*) wurden die beiden Fragestellungen, nämlich ob Musikhören 1. die thermische Schmerzschwelle des Menschen verändern und 2. den natürlichen Sensibilisierungsprozeß beeinflussen kann, untersucht. Darüber hinaus wurde der Einfluß der Variablen *Geschlecht*, *Musiker/Laie* und *Tempo* (schnell/langsam) auf die abhängigen Variablen *gemessene Hauttemperaturen* überprüft.

Der Einfluß der verschiedenen Musikrichtungen wurde mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit dem meßwiederholten Faktor *Meßzeitpunkte* und dem Faktor *Musikrichtungen* überprüft.

Eine Korrelationsanalyse sollte eventuelle Zusammenhänge zwischen den Variablen *Lautstärke* und *gemessene Hauttemperaturen* aufzeigen. Be-

2 Die Liste der insgesamt 61 Stücke kann bei den Autoren angefordert werden.

Tab. 1:
Versuchsplan

Meßzeitpunkte: t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11 t12 t13 t14

Musiker	Männer	ohne Musik	Erwärmungsphase: 5-7 Minuten	
		mit Musik		
	Frauen	ohne Musik		
		mit Musik		
Laien	Männer	ohne Musik		
		mit Musik		
	Frauen	ohne Musik		
		mit Musik		

ziehungen zwischen den *Ergebnissen des KSI* (emotionale und kognitive Schmerzverarbeitung und Coping-Strategien) und den *gemessenen Hauttemperaturen* wurden schließlich mit einer Faktorenanalyse untersucht.

4. Ergebnisse

Bei der varianzanalytischen Auswertung erwiesen sich die Faktoren *Meßzeitpunkte* ($F = 3,61, df = 350;14, p = 0,000$) und *mit/ohne Musik* ($F = 5,09, df = 25;1, p = 0,033$) als hochsignifikant bzw. signifikant, wobei der Faktor *Meßzeitpunkte* lediglich von rechnerischer Bedeutung für die Ermittlung der Interaktionen war.

Damit ergibt sich in bezug auf die Fragestellung 1: Die thermische Schmerzschwelle wird durch Musikhören erhöht. Bei den Probanden stieg die Schmerzschwelle durchschnittlich um 1,63 °C an, und zwar von 43,81 °C ($SD = 2,87$) auf 45,44 °C ($SD = 3,36$).

Die Faktoren *Musiker/Laie*, *Geschlecht* und *Tempo* waren nicht signifikant. Jedoch ergaben sich vier Interaktionen, die im folgenden dargestellt werden.

4.1 Interaktion 1. Ordnung: *mit/ohne Musik mit Meßzeitpunkte* ($F = 2,08, df = 350;14, p = 0,012$)

Der Kurvenverlauf des Graphen „ohne Musik“ ist vergleichbar mit den Literaturwerten (vgl. Greene & Hardy 1962, S. 693 ff.), d.h. anhand der Kurve kann man deutlich einen Sensibilisierungsvorgang ab etwa der zwei-

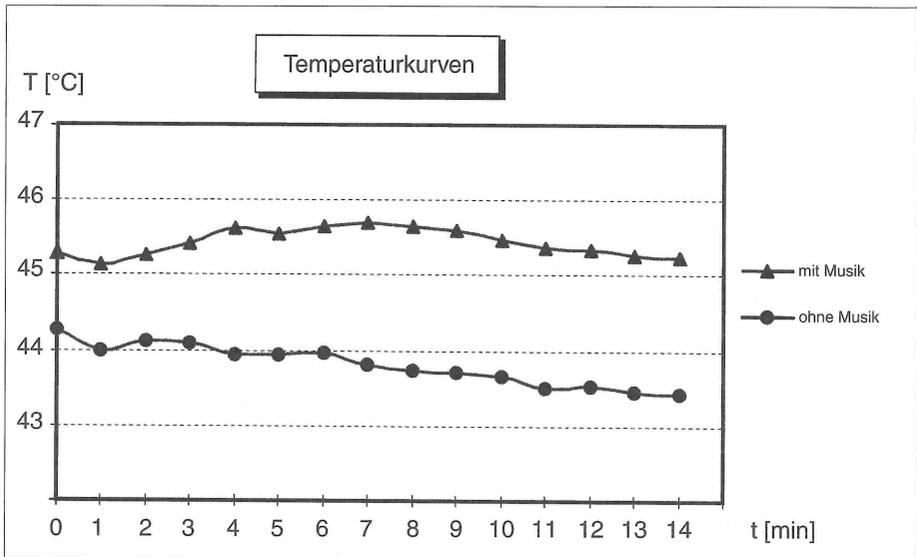


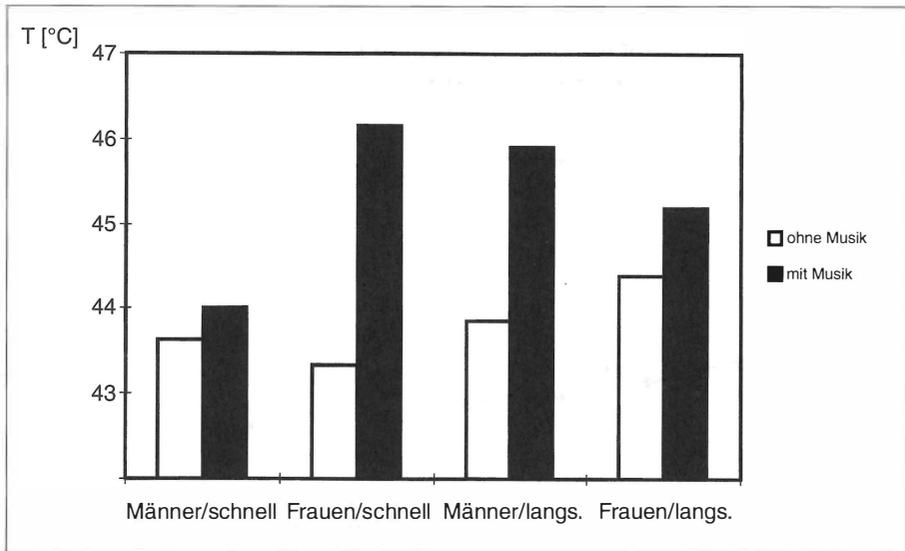
Abb. 2:

Interaktion zwischen den Faktoren *mit/ohne Musik* und *Meßzeitpunkte*

ten Minute erkennen. Unter Musikeinwirkung hingegen blieb die erwartete Sensibilisierung zunächst aus, vielmehr zeichnete sich eine Desensibilisierung bis zur siebten Meßminute ab. Die folgende Sensibilisierung brachte die thermische Schmerzschwelle wieder etwa auf das Ausgangsniveau zurück. Hinsichtlich der zweiten Fragestellung der Studie kann man also sagen, daß Musikhören den Sensibilisierungsvorgang insgesamt verhindern konnte und zeitweise sogar eine Desensibilisierung bewirkte.

4.2 Interaktion 2. Ordnung: **Tempo mit Geschlecht** mit *mit/ohne Musik* ($F = 5,18$, $df = 25;1$, $p = 0,032$)

Anhand dieser Interaktion zweiter Ordnung kann man sehen, daß sich das Tempo der Musik gegensätzlich auf die Veränderung der Schmerzschwelle auswirkte. Während bei den Frauen das Hören schneller Musik zu einer sehr deutlichen Erhöhung der Schmerzschwelle gegenüber der Kontrollbedingung „ohne Musik“ führte, hatte bei den Männern das Hören langsamer Musik diesen Effekt. Das eben beschriebene Ergebnis wird durch die nun folgende Interaktion dritter Ordnung ergänzt.

**Abb. 3:**

Interaktion zwischen den Faktoren *Tempo*, *Geschlecht* und *mit/ohne Musik*

4.3 Interaktion 3. Ordnung: *Tempo* mit *Geschlecht* mit *mit/ohne Musik* mit *Meßzeitpunkte* ($F = 1,69$, $df = 350;14$, $p = 0,055$)

Die Teildarstellungen dieser tendenziell signifikanten Interaktion dritter Ordnung weisen auf einen weiteren Aspekt hin. Schnelles Tempo bewirkte bei den Frauen nicht nur – wie oben erwähnt – eine erhebliche Erhöhung der durchschnittlichen Schmerzschwelle, sondern verhinderte darüber hinaus den Sensibilisierungsprozeß. Im Gegensatz dazu hatte bei den Männern langsames Tempo zusätzlich zur Erhöhung der durchschnittlichen Schmerzschwelle sogar eine Desensibilisierung zur Folge.

Bei den Frauen hatte langsames Tempo und bei den Männern schnelles Tempo keinen Einfluß auf den Sensibilisierungsprozeß.

4.4 Interaktion 3. Ordnung: *Musiker/Laie* mit *Tempo* mit *mit/ohne Musik* mit *Meßzeitpunkte* ($F = 4,80$, $df = 350;14$, $p = 0,000$)

Bei dieser Interaktion dritter Ordnung zeigte sich ebenfalls ein antagonischer Einfluß des Tempos auf Musiker und Laien bezüglich der Veränderung ihrer Schmerzschwellen über die einzelnen Meßzeitpunkte hinweg. Langsames Tempo konnte bei den Laien die Sensibilisierung, die hier ohne

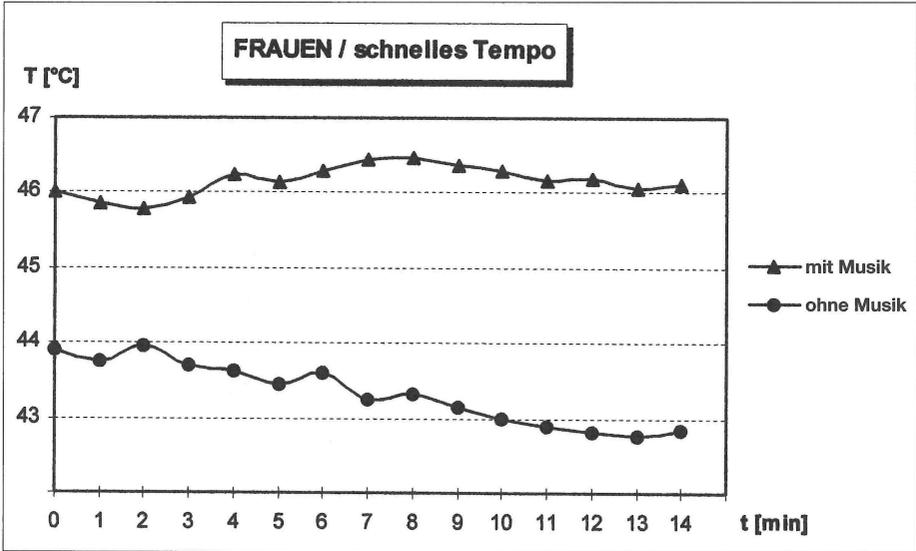


Abb. 4:
Teildarstellung 1 der Interaktion zwischen den Faktoren *Tempo*, *Geschlecht*,
mit/ohne Musik und *Meßzeitpunkte*

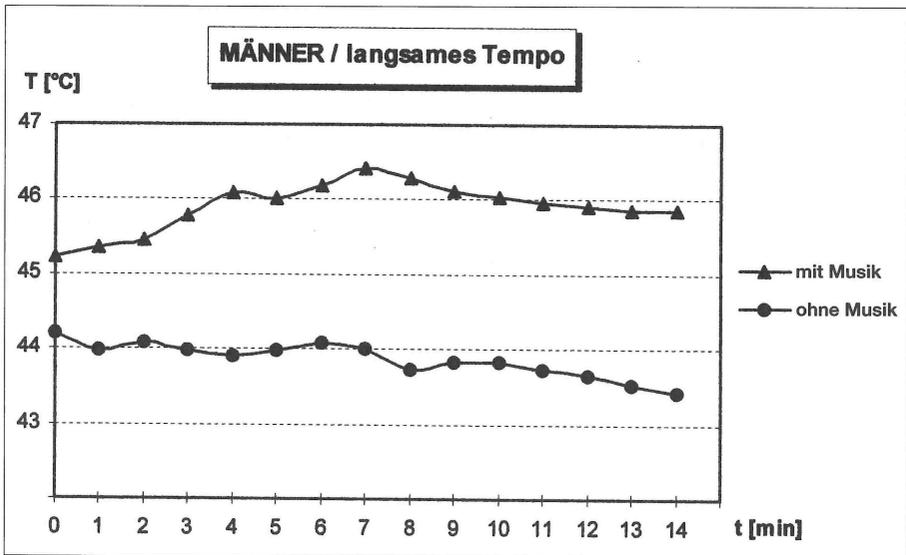


Abb. 5:
Teildarstellung 2

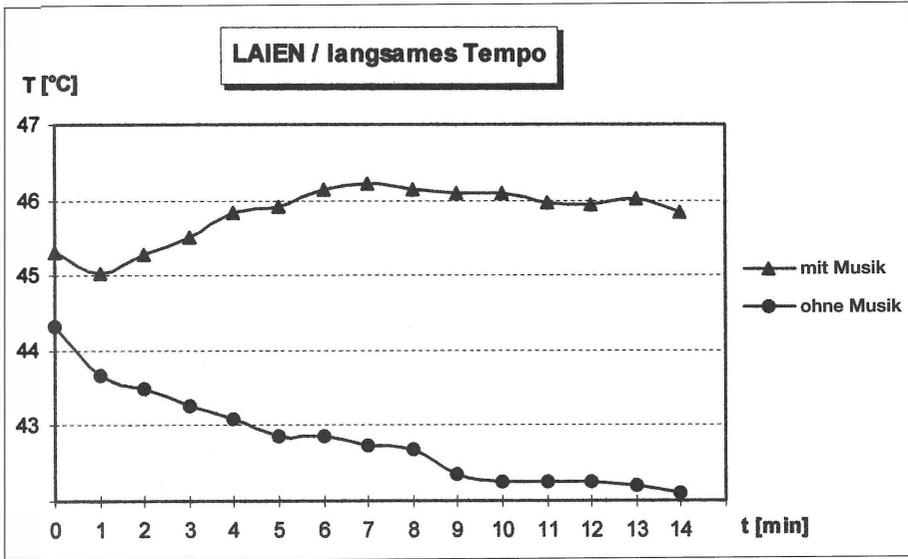


Abb. 6: Teildarstellung 1 der Interaktion zwischen den Faktoren *Musiker/Laie*, *Tempo*, *mit/ohne Musik* und *Meßzeitpunkte*

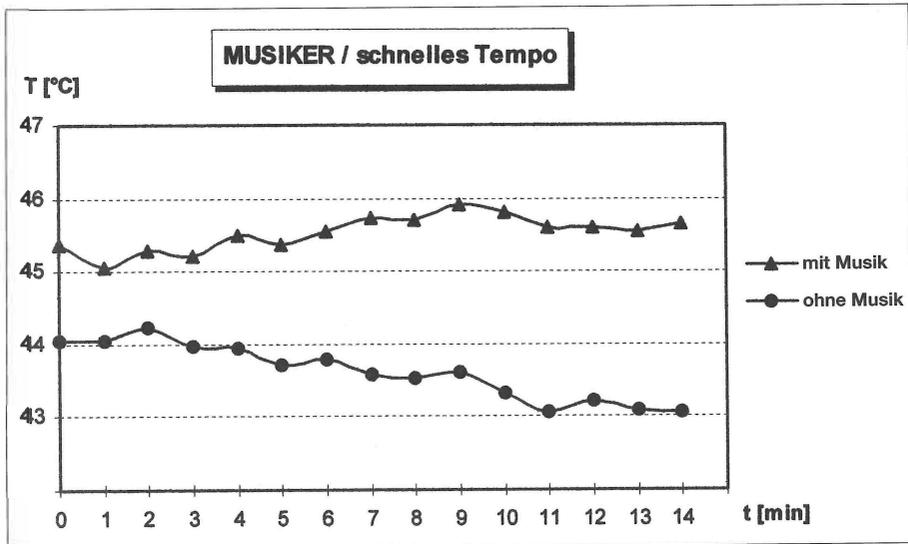


Abb. 7: Teildarstellung 2

Musik sehr ausgeprägt stattgefunden hat, verhindern und führte sogar zu einer Desensibilisierung. Bei den Musikern war dies bei schnellem Tempo der Fall. Hingegen hatte langsames Tempo bei den Musikern und schnelles Tempo bei den Laien keinen Effekt auf den Sensibilisierungsprozeß.

Der Einfluß der verschiedenen Musikrichtungen wurde mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse untersucht. Dabei wurde der Faktor *Musikrichtung* auf vier Faktorstufen reduziert, indem Barock und Klassik aufgrund der geringen Personenanzahl zusammengefaßt wurde und Meditationsmusik aus demselben Grund wegfiel. Daher werden im folgenden die Musikrichtungen *Barock/Klassik*, *Romantik/tonale Musik des 20. Jahrhunderts*, *Jazz* und *Rock/Pop* betrachtet:

Die Varianzanalyse zeigte keinen signifikanten Effekt des Faktors *Musikrichtung*. Es existiert auch keine signifikante Interaktion, an der der Faktor *Musikrichtung* beteiligt ist.

Obwohl die Vpn die Musik mit sehr unterschiedlich hohen Lautstärken hörten (von etwa 60 bis zu 95 dB), gibt es keine signifikante Korrelation zwischen der Lautstärke und den gemessenen Hauttemperaturen. Die Faktorenanalyse zeigte, daß ebenfalls keine Beziehung zwischen den durch den KSI ermittelten Werten (emotionale und kognitive Schmerzverarbeitungsmerkmale und Coping-Strategien) und den gemessenen Hauttemperaturen besteht. Diese erscheinen in einem Faktor, in dem die KSI-Werte nur unwesentliche Ladungen aufweisen.

5. Diskussion

Die statistische Analyse ergab eine signifikante Veränderung der Schmerzschwelle durch Musikhören. Diese Veränderung manifestierte sich in einer *Erhöhung* der Schmerzschwelle, ein Ergebnis, das auch durch andere experimentelle Untersuchungen bestätigt wird (vgl. u. a. Whipple & Glynn 1992, Perlini & Viita 1996, Hekmat & Hertel 1993). In diesen vom Grundgedanken her vergleichbaren Studien wurden mechanische Schmerzreize und Kaltwasserreizung („cold pressure test“) eingesetzt.

Die Besonderheit der in der vorliegenden Studie angewandten Methode liegt darin, daß sie Aussagen über den Sensibilisierungsprozeß erlaubt. Hinsichtlich dieses Aspektes zeigte sich, daß die Sensibilisierung im Versuchszeitraum von 14 Minuten bei Musikapplikation ausblieb (Abb. 2). Dieses Ergebnis widerspricht Studien von Barber & Cooper (1972) und Farthing, Venturino & Brown (1984), die aussagen, daß Ablenkung nicht mehr effektiv ist, wenn die Dauer des Stressors „Schmerz“ länger als eine Minute beträgt. Dieser Aspekt sollte gründlicher erforscht werden, denn er ist sicherlich interessant im Hinblick auf die klinische Anwendung bei relativ kurzen (15–30 Minuten), aber dennoch schmerzhaften Eingriffen wie beispielsweise in der zahnmedizinischen Praxis.

Das *Tempo der Musik* wirkte sich bei Männern und Frauen gegensätzlich auf die Veränderung der Schmerzschwelle aus (Abb. 3–5). Schnelles

Tempo führte bei den Frauen zu einer erheblichen Erhöhung der durchschnittlichen Schmerzschwelle und verhinderte darüber hinaus den Sensibilisierungsprozeß, während es bei langsamem Tempo zu einer Sensibilisierung kam. Bei den Männern hatte hingegen langsames Tempo eine erhebliche Erhöhung der durchschnittlichen Schmerzschwelle sowie sogar eine Desensibilisierung zur Folge, während schnelles Tempo den Sensibilisierungsprozeß nicht beeinflußt hat.

Die Interpretation dieses Ergebnisses erweist sich als äußerst schwierig. Zwar zeigen Studien zu Musikpräferenzen Jugendlicher, daß weibliche Personen eher zu gefühlsbetonten, „weicheren“ Stilen und Gattungen tendieren, während sich männliche Personen stärker für aggressivere Ausdrucksformen interessieren (vgl. Jost 1982, S. 249), so daß in unserem Fall Musik „gewirkt“ hätte, die eigentlich *nicht* präferiert wird (Männer: langsam, Frauen: schnell). Geht man nun davon aus, daß eine Darbietung, an die man nicht gewöhnt ist, mehr Aufmerksamkeit beansprucht, wäre das Ergebnis durchaus nachvollziehbar. Allerdings ist es sehr fraglich, ob man aus der Gleichung „präferiert = gewöhnt“ einfach die negative Umformung „nicht präferiert = ungewöhnt“ ableiten darf. Außerdem scheint gerade die individuelle Präferenz wichtig für die „Wirkung“ von Musik zu sein (siehe unten).

Eventuelle geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich der Schmerztoleranz bieten auch keine Diskussionsgrundlage, da auf diesem Gebiet bisher nur recht widersprüchliche Ergebnisse vorliegen (vgl. Miaskowski 1999).

Es zeigte sich ebenfalls ein nahezu antagonistischer Einfluß des Tempos auf Musiker und Laien bezüglich der Veränderung ihrer Schmerzschwelle über die einzelnen Meßzeitpunkte hinweg (Abb. 6 und 7). Während bei den Musikern bei langsamem Tempo eine Sensibilisierung stattfand, konnte langsames Tempo bei den Laien die Sensibilisierung, die ohne Musik sehr ausgeprägt stattgefunden hat, verhindern und führte sogar zu einer Desensibilisierung. Schnelles Tempo hatte bei den Musikern eine Desensibilisierung zur Folge, während bei den Laien der Sensibilisierungsprozeß nicht beeinflußt wurde.

Ausgehend von der Vorstellung, daß Musik einerseits als „abstrakt-logisch“ und andererseits als „gefühlsvollste Kunst“ betrachtet werden kann (vgl. la Motte-Haber 1985), ergeben sich natürlich auch verschiedene Zugangsweisen zur Musik.

Denkbar wäre, daß das Musikhören bei den Laien, die typischerweise eher emotional und assoziativ hören, eine „imaginative Unaufmerksamkeit“ (eine der kognitiven Coping-Strategien nach Bullinger & Turk 1982) erzeugt hat. Die Laien hörten bei langsamem Tempo überwiegend die Musikrichtung „Rock/Pop“, also das, was umgangssprachlich gern als „Kuschelrock“ bezeichnet wird. Vielleicht stellten sich die Laien beim Hören dieser Musik besonders angenehme und entspannende Bilder und Situationen vor. Somit hätte die Musik im Sinne Bullingers und Turks sog. schmerzinkompatible Phantasien induziert, die die Aufmerksamkeit vom Schmerz selbst ablenken.

Die Musiker hörten bei schnellem Tempo meist Werke von Bernstein, Gershwin und Dvorák, d. h. Stücke, deren Informationsgehalt pro Zeiteinheit recht hoch ist. Musiker setzen sich mit Musik vorwiegend analytisch auseinander (vgl. Rötter 1987, S. 43), was sich auch in einer entsprechenden Aktivierung der linken Hirnhemisphäre zeigt (vgl. Phelps, Mazziotta & Huang 1982; Evers et al. 1999). Das Hören der oben genannten Stücke könnte also für Musiker insbesondere eine rationale Herausforderung gewesen sein, so daß das Musikhören hier wohl eine Umlenkung der Aufmerksamkeit sozusagen „ohne Umweg“ bewirkt hat. In diesem Fall konkurrierte der Reiz „Musik“ selbst mit dem Schmerzreiz.

Dieser Interpretationsansatz beinhaltet seinerseits wiederum die Hypothese, daß Musiker durch langsame Musik kognitiv weniger beansprucht werden und daß bei Musikern Musikhören nicht geeignet ist, um eine imaginative Unaufmerksamkeit zu induzieren. Ebenso wäre demnach schnelle Rock- und Popmusik (diese Musikrichtung wählten die Laien hauptsächlich) weniger geeignet, um bei Laien schmerzinkompatible Phantasien anzuregen. Dieser Aspekt könnte von nachfolgenden Studien noch einmal aufgegriffen werden.

Einen anderen Aspekt bezüglich des Tempos fanden Whipple & Glynn (1992): Während entspannende, ruhige Musik nur die Schmerzschwelle erhöhen konnte, bewirkte stimulierende, „aufregende“ Musik eine Erhöhung sowohl der Schmerzschwelle als auch der Schwelle, bei der der Reiz überhaupt spürbar wird („tactile threshold“). Dieses Ergebnis kann man allerdings nicht ohne Weiteres zu der vorliegenden Studie in Beziehung setzen, da Whipple & Glynn nur weibliche Versuchspersonen untersuchten und nicht zwischen Musikern und Laien unterschieden.

Die jeweils gehörte Musikrichtung hatte keinen Effekt auf die Schmerzschwellen. Da die Probanden die Musik selbst auswählen durften, ist scheinbar die individuelle Präferenz der ausschlaggebende Faktor für die Wirkung von Musik unabhängig von deren Stil. So kamen auch Hekmat & Hertel (1993) und Perlini & Viita (1996), deren Probanden eine Rangliste aus mehreren angebotenen Musikstücken von „most-preferred“ zu „least-preferred“ erstellten, zu dem Ergebnis, daß die „most-preferred“ Musik im Gegensatz zur „least-preferred“ Musik und den anderen Kontrollbedingungen zu einer signifikanten Erhöhung der Schmerztoleranz geführt hat. Allerdings weist die vorliegende Studie darauf hin, daß das Tempo der Musik – wie oben bereits erwähnt – eine entscheidende Rolle spielt.

Zu den angebotenen Musikrichtungen in dieser Studie sei noch erwähnt, daß die ebenfalls recht beliebten Sparten Schlager- und Volksmusik nicht zur Auswahl standen, weil es sehr unwahrscheinlich war, daß sich die Probanden für diese Richtungen entscheiden würden. Würde man die Studie um die Variable *Alter der Probanden* erweitern und nähme dementsprechend auch ältere Versuchspersonen hinzu, wäre es durchaus angebracht, das Musikangebot um Schlager- und Volksmusik zu erweitern.

Obwohl die Probanden die Musik mit interindividuell sehr unterschiedlichen Lautstärken (Minimum: 60 dB, Maximum: 95 dB) hörten, ergab sich

keine signifikante Korrelation zwischen der Lautstärke der Musik und den gemessenen Schmerzschwellen. Hier hätte man vermuten können, daß je lauter die Musik gehört wurde, die Musik zwangsläufig mit mehr Aufmerksamkeit belegt wäre und somit weniger Aufmerksamkeitskapazität für den Schmerzreiz bleiben würde, was sich gegebenenfalls in entsprechend höheren Hauttemperaturwerten bei Musikapplikation gezeigt hätte.

Ein unerwartetes Ergebnis zeigte sich auch bezüglich des Kieler Schmerz-Inventars (KSI): Es besteht keine Beziehung zwischen den KSI-Werten (emotionale und kognitive Schmerzverarbeitung und Coping-Strategien) und den gemessenen Schmerzschwellen. Durchaus denkbar wären hier beispielsweise Zusammenhänge zwischen hohen Werten bei den Items „Coping-Signal“ (kognitive Schmerzverarbeitung) und „Entspannungsfördernde Ablenkung“ (Coping-Strategien) und erhöhten Schmerzschwellen mit Musik gewesen. Möglicherweise ist das KSI in erster Linie für chronische Schmerzpatienten geeignet. So entwickeln sich z. B. Coping-Strategien erst über längere Zeiträume hinweg.

Generell kann man sicherlich die Frage stellen, ob andere ablenkende Stimuli nicht mindestens ebenso effektiv wie Musik sein können. Dazu zwei Forschungsergebnisse, die andeuten, daß Musik offenbar ein sehr potenter Stimulus ist:

Anderson et al. (1991) berichten in ihrer Studie über Musik bei zahnmedizinischen Eingriffen, daß die Probanden Musik im Vergleich zu anderen Stimuli (z. B. „timing tape“) als „more distracting and absorbing“ bewerteten (vgl. Anderson et al. 1991, S. 162). Eine andere Studie beschäftigte sich mit den immunologischen Effekten von Musik durch Messung des sekretorischen Immunglobulins A (S-IgA), das nicht nur bei bakteriellen Immunreaktionen wichtig ist, sondern auch immunologisch als Indikator der emotionalen Befindlichkeit gilt. Musik führte dabei zu einem höheren S-IgA-Anstieg als psychologische Entspannungsverfahren und Visualisierungstechniken (vgl. Tsao et al. 1992, S. 86).

Darüber hinaus zeigen die unterschiedlichen Auswirkungen des Tempos der Musik (langsam/schnell) in der vorliegenden Studie, daß es sehr wohl auf die Spezifität des Reizes ankommt.

6. Ausblick

Während der Diskussion der Ergebnisse sind weiterführende Fragen und Ideen entstanden, von denen einige bereits in die Diskussion mit eingeflossen sind, die anderen sollen nun im Rahmen des Ausblicks erwähnt werden.

Um die Probanden nicht zusätzlich zu belasten, wurden in dieser Studie keine weiteren physiologischen Untersuchungen vorgenommen. Interessant wäre hier jedoch vor allem die Ableitung evozierter Potentiale (EP) gewesen, gerade weil kognitive und Aufmerksamkeitsprozesse bei den untersuchten Fragestellungen eine wichtige Rolle spielen. Allerdings ist die im Versuch angewandte „tonische“ Schmerzinduktionsmethode nicht ge-

eignet für EP-Messungen. Sinnvoller wären dafür punktuelle Reizungen, z. B. durch Hautfaltenquetschung oder Fingerdruck.

Darüber hinaus könnte man über weitere physiologische Messungen (z. B. Pulsfrequenz, Blutdruck, endokrine Parameter) gegebenenfalls Erkenntnisse über den Zusammenhang von Organismuslage (trophotrop oder ergotrop) und Schmerzempfinden gewinnen, was wiederum für einen optimalen Einsatz von Musik nützlich wäre. Ein besonders interessanter Aspekt wäre hier die Beeinflussbarkeit der Endorphinsekretion durch Musikhören.

Schließlich bliebe noch die Frage nach dem Zusammenhang zwischen überdauernden Persönlichkeitsmerkmalen und der Beeinflussbarkeit der Schmerztoleranz durch Musikhören abzuklären. Ebenso sollte die Rolle der situativen Befindlichkeit des Patienten oder der Versuchsperson berücksichtigt werden.

Musik ist als „Analgetikum“ natürlich kein Wundermittel – auch wenn es bei manchen allzu euphorischen Autoren den Anschein haben mag.

Dennoch besitzt sie ein nicht zu unterschätzendes Potential, um im Sinne einer ganzheitlichen Medizin gezielt – ergänzend zum üblichen ärztlichen Repertoire – eingesetzt zu werden.

Literaturverzeichnis

- Anderson, Robin; Baron, Robert & Logan, Henrietta (1991). Distraction, Control, and Dental Stress. *Journal of Applied Social Psychology*, 21 (2), 156–171.
- Barber, T. X. & Cooper, B. J. (1972). Effects on pain of experimentally induced and spontaneous distraction. *Psychological Reports*, 31, 647–651.
- Bullinger, Monika & Turk, Dennis (1982). Selbstkontrolle: Strategien zur Schmerzbewältigung. In: W. Keeser et al. (Hrsg.) *Schmerz. Fortschritte der Klinischen Psychologie*. München: Urban & Schwarzenberg, S. 241–283.
- Egle, Ulrich T. & Hoffmann, S. O. (1990). Psychotherapie und ihre Wirksamkeit bei chronischen Schmerzzuständen. In: R. Wörz (Hrsg.), *Chronischer Schmerz und Psyche*. Stuttgart: Fischer, S. 171–209.
- Evers, Stefan; Dannert, Jörn; Rödding, Daniel; Rötter, Günther & Ringelstein, Bernd (1999). The cerebral haemodynamics of music perception – A transcranial Doppler sonography study. *Brain*, 122, 75–85.
- Farthing, G. William; Venturino, Michael & Brown, Scott (1984). Suggestion and distraction in the control of pain: Test of two hypotheses. *Journal of abnormal Psychology*, 93, 266–276.
- Greene, Leon & Hardy, James (1962). Adaptation of thermal pain in the skin. *Journal of Applied Physiology*, 17, 693–697.
- Guirimand, F. & Le Bars, D. (1996). Physiology of nociception. *Ann. Fr. Anesth. Reanim.*, 15 (7), 1048–1079.
- Handwerker, Hermann O. (1984). Experimentelle Schmerzanalyse beim Menschen. In: M. Zimmermann & H. O. Handwerker (Hrsg.), *Schmerz – Konzepte und ärztliches Handeln*. Berlin: Springer, S. 87–123.
- Hardy, James (1953). Thresholds of pain and reflex contraction as related to noxious stimulation. *Journal of Applied Physiology*, 5 (12), 725–739.
- Hasenbring, Monika (1992). *Kieler Schmerzinventar*. Göttingen: Huber.

- Hekmat, Hamid & Hertel, James (1993). Pain attenuating effects of preferred versus non-preferred music interventions. *Psychology of Music*, 21 (2), 163–173.
- Hensel, Herbert (1966). *Allgemeine Sinnesphysiologie*. Berlin: Springer.
- Hiemke, Christoph (1993). Biochemische Grundlagen des Schmerzes. In: U. T. Egle & S. O. Hoffmann (Hrsg.), *Der Schmerzkranke*. Stuttgart: Schattauer, S. 60–68.
- Jost, Ekkehard (1982). Sozialpsychologische Dimensionen des musikalischen Geschmackes. In: H. de la Motte-Haber & C. Dahlhaus (Hrsg.), *Systematische Musikwissenschaft, Band 10*, S. 245–268.
- la Motte-Haber, Helga de (1985). Rationalität und Affekt. In: H. Götze & R. Wille (Hrsg.), *Musik und Mathematik*. Berlin: Springer, S. 32–44.
- Larbig, Wolfgang (1993). Physiologische Grundlagen von Schmerz und die gate-control-Theorie. In: U. T. Egle & S. O. Hoffmann (Hrsg.), *Der Schmerzkranke*. Stuttgart: Schattauer, S. 42–59.
- Melzack, Ronald; Weisz, A. & Sprague, L. (1963). Stratagems for controlling pain: contributions of auditory stimulation and suggestion. *Experimental Neurology*, 8, 239–247.
- Melzack, Ronald & Wall, Patrick (1965). Pain mechanisms: A new theory. *Science*, 150, 971–979.
- Miaskowski, Christine (1999). The Role of Sex and Gender in Pain Perception and Responses to Treatment. In: R. Gatchel & D. Turk (Eds.), *Psychological Factors of Pain. A critical perspective* (pp. 401–410). New York: Guilford.
- Müller-Busch, H. Christof (1997). *Schmerz und Musik (= Praxis der Musiktherapie, Band 15)*. Stuttgart: Fischer.
- Perlini, Arthur & Viita, Kristen (1996). Audioanalgesia in the control of experimental pain. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 28 (4), 292–301.
- Pert, C. B. & Snyder, S. H. (1973). Properties of opiate-receptor binding in rat brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 70 (8), 2243–2247.
- Phelps, M. E., Mazziotta, J. C. & Huang, S. C. (1982). Study of cerebral function with positron computed tomography. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 2, 113–162.
- Rötter, Günther (1987). *Die Beeinflussbarkeit emotionalen Erlebens von Musik durch analytisches Hören (= Schriften zur Musikpsychologie und Musikästhetik, Band 1)*. Frankfurt a. M.: Lang.
- Scholz, Oskar B. (1994). *Schmerzmessung und Schmerzdiagnostik*. Freiburg: Karger.
- Spintge, Ralph & Droh, Roland (Hrsg.) (1987). *Musik in der Medizin. Neurophysiologische Grundlagen, klinische Applikationen, geisteswissenschaftliche Einordnung*. Berlin: Springer.
- Spintge, Ralph & Droh, Roland (1992). *Musik-Medizin. Physiologische Grundlagen und praktische Anwendungen*. Stuttgart: Springer.
- Tsao, C.; Gordon, T.; Maranto, C.; Leran, C. & Murasko, D. (1992). The effects of music and biological imagery on immune response. In: C. Maranto (Ed.), *Applications of music in medicine* (pp. 85–121). Washington: Nat. Ass. f. Music Therapy.
- Whipple, Beverly & Glynn, Nahama (1992). Quantification of the effects of listening to music as a noninvasive method of pain control. *Scholarly Inquiry for Nursing Practice*, 6 (1), 43–58.