

Hemisphärenasymmetrien bei der Beurteilung von Musik

Reinhard Lechner und Nicole Bröscher

Zusammenfassung

Musik und Gefühle stehen in enger Beziehung. Diese enge Verflechtung von Musik und Gefühlen läßt sich mit demjenigen Ansatz am besten erklären, der die Dominanz der rechten Hemisphäre bei der Musik- und Gefühlswahrnehmung sowie der Musik- und Gefühlsproduktion postuliert. Die rechte Hemisphäre ist für Musik- und Gefühlereignisse geeignet, weil sie für den Umgang mit dem Charakteristischen dieser Ereignisse, nämlich ihrer Gestalthaftigkeit und ihrer besonderen Qualität, spezialisiert ist. Aber auch die linke Hemisphäre ist an Musikereignissen beteiligt. Sie ist spezialisiert für zeitliche Aspekte der Musik. Im Experiment nahmen die Vpn Musikstücke entweder monaural (rechts, links) oder binaural wahr. Dabei wurde davon ausgegangen, daß mit dem rechten Ohr gehörte Musik linkshemisphärisch verarbeitet wird, mit dem linken Ohr wahrgenommene Musik dagegen rechtshemisphärisch. Die Musikstücke variierten bezüglich der Faktoren Aktivierung (aktivierende vs. beruhigende Musik) und ihrer Valenz (positive vs. negative Musik). Aus der Kombination dieser beiden dichotomen Faktoren ergaben sich vier Musiktypen: Positiv-aktivierende, positiv-beruhigende, negativ-aktivierende und negativ-beruhigende Musik. Überprüft wurde mithilfe verschiedener Skalen, wie diese Musiktypen wahrgenommen wurden, sowie der Einfluß der Musik auf Verhaltenstendenzen, die eine der drei ein Gefühl definierenden Komponenten ausmachen. Vermutet wurde, daß sich Hemisphärenasymmetrien in der Wahrnehmung der Musik auswirken, nicht aber in den Verhaltenstendenzen, die vielmehr durch das von der Musik erzeugte Gefühl beeinflusst werden. Es zeigte sich, daß die rechte Hemisphäre besser geeignet ist, die Valenz der Musik wahrzunehmen, als die linke Hemisphäre. Dieses Ergebnis spricht für die Dominanz der rechten Hemisphäre bei der Musikwahrnehmung. Mit der linken, und insbesondere mit beiden Hemisphären gehörte Musik wird als schneller beurteilt als rechtshemisphärisch wahrgenommene Musik. Dieses Ergebnis deutet an, daß die linke Hemisphäre das Tempo der sich in der Zeit entwickelnden rechtshemisphärisch analysierten Tongestalt abschätzt und dabei das tatsächlich hohe Tempo ermittelt. Hypothesengemäß wirken die Hemisphärenasymmetrien nicht in die Verhaltenstendenzen hinein.

Abstract

Music and emotions are interconnected in a close relationship. This close relationship can best be explained in terms of a theory in which the right hemisphere is the dominant one for the perception of music and emotions as also for the production of music and emotions. The right hemisphere is suited for events like music and emotions, because it is specialised to process an event as a gestalt. The left hemisphere also plays an important part in perceiving music, because it is specialised for temporal aspects of music like rhythm and tempo. In the experiment subjects perceived the music either monaural (right, left) or binaural. We proceeded from the assumption that music perceived with the right ear will be processed in the left hemisphere and music perceived with the left ear will be processed in the right hemisphere. The pieces of music varied in two factors: Activation (activated vs. calm music) and valence (positive vs. negative music). The combination of the two factors resulted in four types of music: positive-activated, negative-activated, positive-calm, negative-calm. The quality of the four types of music were tested with different scales and in addition to that the influence of the music on behavioural tendencies which are one component of emotions was also registered. According to the hypothesis the hemispheric asymmetry has an effect on the perception of music but not on the behavioural tendencies. The behavioural tendencies are stronger effected from the emotion caused by music. It showed that the right hemisphere is better suited to perceive the valence of music than the left hemisphere. This result supports the theory that the right hemisphere is the dominant one for the perception of music. Music perceived with the left, and especially with both hemispheres, will be judge to be faster in tempo than perceived with the right hemisphere. It seems that the left hemisphere, and especially the working together of the two hemispheres, is better suited to estimate the actual tempo of music than the right hemisphere. According to the hypothesis the hemispheric asymmetry does not have an effect on behavioural tendencies.

1. Einleitung und Hypothesen

Musik steht in enger Beziehung zu Gefühlen. Diese enge Verflechtung von Musik und Gefühlen wird durch verschiedene Theorien unterschiedlich erklärt. Am eindeutigsten wird die Verflechtung bei demjenigen Ansatz deutlich, der – bezogen auf Rechtshänder – die rechtshemisphärische Dominanz bei der Aufnahme und Produktion von Musik sowie der Genese und Kontrolle von Gefühlen postuliert. Die rechte Hemisphäre ist für beide Vorgänge, die jeweils komplexe, ganzheitliche Ereignisse darstellen, spezialisiert.

Bei der Musikverarbeitung und -produktion dominiert die rechte Hemisphäre insbesondere bei Melodien, die als Gestalt erscheinen, bei Akkor-

den, Intonation, Klangfarbe, Lautheit und Intensität (u. a. Breitling, Guenther und Rondot 1987; Zatorre 1984; Gates und Bradshaw 1977). So wurden in einer älteren Untersuchung (Milner 1962) die musikalischen Fähigkeiten von Epilepsiepatienten vor und nach einer Operation geprüft. Während der Operation wurde anfallsauslösendes Gewebe aus dem rechten oder linken Temporallappen entfernt. Bei linksseitiger Operation veränderten sich die Fähigkeiten nicht, während bei rechtsseitiger Operation deutliche Fähigkeitseinbußen beim Erkennen der oben genannten Musikmerkmale auftraten. Weiterhin waren Personen nach künstlicher, vorübergehender Lähmung der rechten Hemisphäre nicht zum Singen einer Melodie in der Lage, sie wiederholten nur einen Ton (Bogen und Gordon 1971). Rechtshemisphärisch gehörte Musik wird diesen Ergebnissen entsprechend auch als emotionaler beurteilt als linkshemisphärisch wahrgenommene Musik (Bryden, Levy und Sugarman 1982).

Die linke Hemisphäre, die beim Rechtshänder Sprachwahrnehmung und -produktion kontrolliert, ist ebenfalls an den Musikvorgängen beteiligt. Da Sprache ein serieller Vorgang ist, der sich in der Zeit abspielt, ist entsprechend die linke Hemisphäre bei Musikereignissen, in denen Zeitverläufe von Bedeutung sind, dominant beteiligt, z. B. beim Erkennen von Rhythmen (Robinson und Solomon 1974).

An dieser Stelle sei betont, daß – zumindest bei gesunden Personen – immer beide durch den Balken (corpus callosum) eng verbundene Hemisphären bei psychischen Vorgängen beteiligt sind, wenn auch unterschiedlich stark. Während einerseits bei Musikereignissen nicht nur die rechte, sondern auch die linke Hemisphäre aktiv ist, ist andererseits im Sprachgeschehen auch die rechte Hemisphäre involviert. Sie ist verantwortlich für Analyse und Produktion von prosodischen und paraverbalen Sachverhalten, wie emotionaler Ausdruck des Sprechgeschehens (Gorelick und Ross 1987), und darüber hinaus für die Verarbeitung sehr bekannter, konkreter, gut imaginierbarer Wörter (Mannhaupt 1983).

Den unserer Meinung nach ausgefeiltesten, auch evolutionstheoretisch begründeten Ansatz, der die Dominanz der rechten Hemisphäre bei emotionalen Prozessen postuliert, liefert Bear (1983): Durch die linkshemisphärische Entwicklung der Sprache beim Menschen wuchs die Distanz zwischen den für Sprache verantwortlichen neocorticalen und tieferliegenden, älteren, stärker für Gefühle zuständigen Anteilen der linken Hemisphäre. Die rechte Hemisphäre dagegen blieb archaischer und erhielt die Funktion, das externe und interne Milieu zu überwachen und bei bedeutsamen Änderungen Reaktionen, auch affektive, dem Überleben dienende Reaktionen zu aktivieren. Auch Bear spricht der linken Hemisphäre die Beteiligung an emotionalen Vorgängen nicht ab, betont aber die besondere Bedeutung der rechten Hemisphäre sowohl bei der Bewertung von affektiven Reizen als auch bei der Genese von Gefühlen und körperlichen Veränderungen, die Gefühle begleiten.

Eine Studie von Polzella, Kuna, Biers und Da Polito (1982) zeigt, daß insbesondere die rechte Hemisphäre an Farbvorstellungen beteiligt ist, die

durch Musik ausgelöst werden, sog. Chromästhesie. Da weiterhin die Freude an der Musik positiv korreliert mit der Vorstellungsstärke, vermuten die Autoren, daß die Kombination von Musik und Farbe zu besonderen ästhetischen Erfahrungen führt, an der affektive, also emotionale Faktoren beteiligt sind. Auch diese Studie legt den Schluß nahe, daß bei allen von Emotionen begleiteten Ereignissen die rechte Hemisphäre dominiert.

Während die Verflechtung von Musik und Gefühlen vorrangig darauf zurückzuführen ist, daß die rechte Hemisphäre von Struktur wie Funktion sowohl für musikalische als auch emotionale Ereignisse geeignet ist, ist eine derart einfache Begründung nicht möglich, wenn Gefühle differentiell der rechten oder linken Hemisphäre zugeordnet sind, und Musikereignisse weiterhin die Dominanz der rechten Hemisphäre voraussetzen. Die Auffassung, daß die beiden Hemisphären für unterschiedliche Gefühle spezialisiert sind, vertritt insbesondere Davidson (zusammenfassend 1995), der sich in seinen Überlegungen vielfach auf Kinsbourne und Bemporad (1984) stützt. Er postuliert ein linkshemisphärisch lokalisiertes Annäherungsverhalten, das mit positiven Gefühlen wie Freude verbunden ist. Die rechte Hemisphäre dominiert bei Vermeidungsreaktionen, an die negative Gefühle wie Angst und Ekel gekoppelt sind. Insbesondere für die expressive Komponente von Gefühlen gilt diese Hemisphärenzuweisung, da frontale Anteile des Cortex am Gefühl beteiligt sind.

Vertreter dieses Denkansatzes haben als gefühlsevozierende Stimuli meist optisches Material eingesetzt und sich nur wenig mit der gefühlsauslösenden Wirkung von Musik beschäftigt. Behält man die Annahme der Dominanz der rechten Hemisphäre für Musik bei, impliziert dies, daß negative, z. B. traurige Musik eindeutiger erlebt wird als positive, z. B. fröhliche Musik, da negative Musik corticale Strukturen aktiviert (die rechte Hemisphäre), die für Musik und Gefühl gemeinsam sind. Dies trifft bei positiver, fröhlicher Musik nicht zu.

Aus dem ersten Ansatz läßt sich dagegen – wegen der Dominanz der rechten Hemisphäre für Musik und Gefühl – die Hypothese ableiten, daß die rechte Hemisphäre zwischen positiv-fröhlicher und negativ-trauriger Musik besser zu differenzieren in der Lage ist als die linke Hemisphäre.

Ein dritter Erklärungsversuch zur emotionsbezogenen Hemisphärenasymmetrie stammt von McFarland und Kennison (1989). In ihm wird postuliert, daß a) posteriore Regionen der rechten Hemisphäre emotionale Dimensionen von Stimuli analysieren, b) frontale Regionen der linken Hemisphäre auf positive Stimuli und c) frontale Regionen der rechten Hemisphäre auf negative Stimuli aktiv werden als Ausdruck eines positiven bzw. negativen Emotionserlebens. Die genannten Autoren konnten nachweisen, daß Rechtshänder mehr positive und weniger negative Gefühle erleben, wenn sie Musik linkshemisphärisch hörten, also in der für positive Gefühle spezialisierten Hemisphäre.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zu ermitteln, welche Hemisphäre bei Musik sowie Gefühlen dominiert. Die ersten Erkenntnisse wurden an Personen gewonnen, die hemisphärenspezifische Verletzungen sowie he-

misphärenspezifische Schlaganfälle erlitten hatten. Sehr klare Ergebnisse zeigen die Studien an sog. split-brain-Patienten, bei denen der Balken, der die beiden Hemisphären verbindet, zertrennt ist. Eine weitere, schon erwähnte Methode ist die hemisphärenspezifische Paralysisierung durch Injektion von Barbituraten in die linke oder rechte Halsschlagader. In vielen Untersuchungen wird die Gehirnaktivität mithilfe des EEG oder neueren bildgebenden Verfahren, z. B. PET, ermittelt (zur Musik mit Hilfe der PET Sergent, Zuck, Terriah und Mc Donald 1992).

Eine körperlich recht harmlose Untersuchungsmethode entwickelte Kimura (1961): Jedes Ohr ist mit der ipsilateralen und der kontralateralen Hemisphäre verbunden, die Bahn zur kontralateralen Hemisphäre ist jedoch stärker ausgeprägt. Vermittelt man einer gesunden Person Information auf beide Ohren, sog. dichotisches Hören, wird die ipsilaterale Verbindung unterdrückt und die Informationen aus einem Ohr erreicht die kontralaterale Hemisphäre. Belegt wurde dieses Postulat an split-brain-Patienten, denen Sprachreize dichotisch dargeboten wurden (Milner, Taylor und Sperry 1968). Da die linke Hemisphäre für Sprache spezialisiert ist und die Informationstransformation von der einen (rechten) in die andere Hemisphäre nicht erfolgen kann, wurden nur die Sprachreize identifiziert, die dem rechten Ohr dargeboten wurden und somit die linke Hemisphäre erreichten.

Untersuchungen mit Musik beschränken sich meist auf zeitlich kurze Musikabschnitte, da die Methode des dichotischen Hörens längere und komplexere akustische Stimuli nicht zulässt. Bei längerer Musikdarbietung kommt es zu gegenseitigen Störungen, die aussagekräftige Ergebnisse verhindern. Diese Einschränkung auf kurze Abschnitte beeinträchtigt insbesondere diejenigen Untersuchungen, die die emotionale Wirkung von Musik erfassen wollen: Denn der emotionale Gehalt eines Musikstückes wird für den Hörer nur dann erlebbar, wenn er längere Passagen der Musik hört. Musik wurde daher monaural (in das linke oder rechte Ohr) eingespielt, und auch unter dieser Bedingung wurden Hemisphäreneffekte beobachtet (z. B. McFarland und Kennison 1989). Auch in der schon klassischen Untersuchung von Bever und Chiarello (1974) wurde die Musik monaural eingegeben und ermittelt, daß erfahrene Musiker bei der Analyse von Musik die für sprachlogische Prozesse geeignete linke Hemisphäre einsetzen. Sie begreifen Musik folglich auch analytisch-logisch als Tonabfolge, während Nicht-Musiker Musik eher gestalthaft rechtshemisphärisch verarbeiten. Monaural dargebotene Musik offenbart folglich Hemisphärenasymmetrien.

In der hier referierten Untersuchung wurde die Musik monaural in das linke bzw. rechte Ohr oder in beide Ohren eingespielt (Darbietungsfaktor), wobei jede Vp nur unter einer der drei Bedingungen am Versuch teilnahm (between subject). Vier Musiktypen wurden verwendet, die durch die Kombination der beiden dichotomen Dimensionen positive vs. negative Valenz der Musik und aktivierende vs. nicht aktivierende, beruhigende Musik zustande kamen. Jede Vp hörte nur einen Musiktyp. Daraus

folgt, daß die beiden, die Musik kennzeichnenden Dimensionen Valenz und Aktivierung zwei experimentelle Faktoren für unabhängige Gruppen bilden (between subject).

Die vier Musiktypen waren positive, aktivierende und positive, beruhigende sowie negative, aktivierende und negative, beruhigende Musik. Es kann davon ausgegangen werden, daß die im jeweiligen Musiktyp realisierte Kombination der beiden Faktoren Valenz und Aktivierung jeweils eine Emotion hervorruft, die durch dieselbe Faktorenkombination ausgezeichnet ist. So sollte positiv-aktivierende Musik einen fröhlich-euphorischen Zustand auslösen, und positiv-beruhigende Musik zu einem angenehmen, durch Zufriedenheit gekennzeichneten Entspannungszustand führen. Und negativ-aktivierende Musik sollte einen angespannten, negativen Zustand induzieren, wie Angst oder Ärger, und negativ-beruhigende Musik sollte Trauer, möglicherweise auch Langeweile bedingen. Pro Musiktyp wurden zwei Musikstücke verwendet, um über den Einfluß eines spezifischen Musikstücks generalisieren zu können.

Nach dem Hören eines Musikstücks – durchschnittlich dauerte ein Musikstück fünf Minuten – bearbeiteten die Vpn ein Verhaltensinventar, das einen Teil der motorischen Komponente eines Gefühls, das durch die Musik ausgelöst wurde, erfaßt. Das Verhaltensinventar mißt fünf Verhaltenstendenzen, nämlich eine Tendenz zum Hedonismus, zur Selbstablenkung, zu Angriff/Flucht, zur Affiliation und zur Besinnung.

Zum Abschluß des Versuchs beurteilten die Vpn die Musik als Stimulus zunächst danach, wie weit die Dimensionen, die die Musik eher inhaltlich beschreiben, realisiert und durch die Musik dargestellt wurden. Ihr Urteil erfolgte anhand zweier bipolarer Skalen mit den Polen positiv-fröhlich vs. negativ-traurig und aktivierend vs. beruhigend. Mit drei weiteren bipolaren Skalen wurden eher perzeptive Aspekte der Musik als Stimulus erfaßt, nämlich einfach vs. komplex, dynamisch vs. statisch und schnell vs. langsam.

Dem Experiment lagen folgende Hypothesen zugrunde:

1. Das hemisphärenspezifische Hören monaural dargebotener Musik bedingt Hemisphäreneffekte, die sich aber nur bei der Beurteilung der Musik als Stimulus auswirken. Die mit dem Verhaltensinventar erfaßten Tendenzen als Ausdruck der motorischen Komponente des Gefühls, das durch die Musik ausgelöst wurde, sind psychologisch schon soweit von der hemisphärenspezifischen Wirkung der Musik entfernt und darüber hinaus lediglich durch das Gefühl vermittelt, daß eine hemisphärenspezifische Auswirkung der Musik auf die Verhaltenstendenzen als unwahrscheinlich gilt.
2. Es wurden drei Ansätze zur hemisphärenspezifischen Wirkung von Musik dargestellt. Aufgrund der genannten Literatur erscheint mir der erstgenannte Ansatz als am plausibelsten. Aus ihm folgt, daß die inhaltlichen Aspekte der Musik, wie z. B. ihre Valenz, genauer mit der rechten Hemisphäre analysiert werden können, während die linke Hemisphäre für zeitliche Aspekte von Musik spezialisiert ist.

3. Der Valenz- sowie Aktivationsfaktor sollten sich in den entsprechenden Beurteilungen der Musik auswirken, womit belegt wäre, daß die verwendeten Musikstücke tatsächlich auch bezüglich der beiden intendierten Faktoren ausgewählt wurden.

2. Methoden

2.1 Versuchsplan

Dem Experiment liegt ein dreifaktorieller Plan für unabhängige Gruppen zugrunde. Im dreistufigen Darbietungsfaktor wird der Ort der Musikdarbietung variiert: Die Darbietung erfolgt am linken, rechten oder beiden Ohren. In den beiden weiteren Faktoren werden Musikcharakteristika spezifiziert. Im zweistufigen Valenzfaktor erscheint Musik als positiv vs. negativ und im ebenfalls zweistufigen Aktivationsfaktor wird die Musik als aktivierend vs. beruhigend erlebt. Aus der Kombination der beiden musikcharakterisierenden Faktoren entstanden die in der Einleitung beschriebenen vier Musiktypen.

Die 12 Zellen des $3 \times 2 \times 2$ -Plans wurden nach Zufall mit jeweils drei weiblichen und drei männlichen rechtshändigen studentischen Vpn besetzt ($n = 6$), wobei jedoch darauf geachtet wurde, daß die Vertreter/Vertreterinnen der verschiedenen Studienrichtungen gleichmäßig auf die Zellen des Versuchsplans verteilt wurden. Die Gesamtzahl der Vpn beträgt $n = 72$.

Pro Musiktyp wurden zwei Musikstücke verwendet, um über ein spezifisches Musikstück generalisieren zu können. Jeweils die Hälfte der sechs Vpn einer Zelle des Plans hörte das eine bzw. das andere Musikstück, wobei eine überzufällige Kombination eines Musikstückes mit dem Geschlecht vermieden wurde.

2.2 Musik

Die Vorauswahl von jeweils vier Musikstücken pro Musiktyp erfolgte nach der subjektiven Einschätzung, daß mit diesen Musikstücken die jeweilige Kombination der beiden musikcharakterisierenden Faktoren Valenz und Aktivierung gut getroffen ist. In einem Vorversuch wurden alle 16 Musikstücke, die jeweils eine Spieldauer von fünf Minuten aufwiesen, einer Gruppe von 14 Personen dargeboten. Daraus ergibt sich, daß die Abfolge der Musikstücke für alle Teilnehmer dieses Vorversuchs gleich war. Durch die entspannende Situation, in der die Musikstücke vorgespielt wurden – es gab Essen und Getränke – sowie der Tatsache, daß Musikstücke desselben Musiktyps nicht aufeinander folgten, wurde versucht, Ermüdungs- und Sättigungseffekten entgegenzuwirken.

Jedes Musikstück wurde unmittelbar nach der Darbietung anhand bipolarer visueller Analogskalen beurteilt. Eine visuelle Analogskala besteht

aus den benannten Polen und einer sie verbindenden, in diesem Fall 7 cm langen Linie. Die Vp kennzeichnet durch einen Strich auf der Linie, in welchem Ausmaß sie in ihrem Urteil zu dem einen oder anderen Pol tendiert. Als Meßwert wurde die Entfernung des Strichs vom linken Pol festgehalten. Folgende Skalen wurden zur Kennzeichnung der Musik als Stimulus eingesetzt: positiv-fröhlich vs. negativ-traurig, aktivierend vs. beruhigend, einfach vs. komplex, dynamisch vs. statisch, schnell vs. langsam und getragen vs. spielerisch. Diese Skalen haben sich zur Beurteilung von Musik als Stimulus bewährt (Wirth 1990).

Insbesondere aufgrund der ersten beiden Skalen wurden die in der Tabelle 1 fett gedruckten zwei Musikstücke pro Musiktyp für den Hauptversuch ausgewählt. Auf die genaue Darstellung der Ergebnisse aus dem Vorversuch wird verzichtet, da im Hauptversuch mit diesen beiden Skalen erneut die Valenz- und Aktivationswirkung der ausgewählten Musikstücke überprüft wurde.

Die musikalische Analyse der Musikstücke macht deutlich, daß sich die Vpn bei der Einschätzung der Musikstücke anhand der Skala „aktivierend

Tabelle 1:

Die 16 Musikstücke des Vorversuchs. Die für den Hauptversuch ausgewählten zwei Musikstücke pro Musiktyp sind jeweils die beiden ersten in Fettdruck.

Musiktyp: positiv-aktivierend

J. Haydn, Cellokonzert C-Dur, 3. Satz, Allegro molto, 6.4 Minuten

J. Strauss (Sohn), Leichtes Blut, 2 × 2.44 Minuten

Rameau, Tambourin, Dardanus-Suite, 4. Satz, 2 × 2.23 Minuten

F. Schubert, 3. Symphonie, D-Dur, 4. Satz, Presto vivace, 5.55 Minuten

Musiktyp: positiv-beruhigend

Mendelssohn, Frühlingslied, 2 × 2.41 Minuten

W. A. Mozart, Serenade Gran Partita, B-Dur, 6. Satz, Andante-Variationen, 4.54 Minuten

J. Brahms, Serenade Nr. 1, D-Dur, 4. Satz, Menuetto, 3.52 Minuten

F. Schubert, Forellen-Quintett, A-Dur, Op. 114 D 667, Andantino, 2 × 2.00 Minuten

Musiktyp: negativ-aktivierend

F. Liszt, Totentanzausschnitt, von 0–1.28, dann 13.00–15.45

S. Prokofiev, Romeo und Julia, Suite Nr. 1, 7. Satz, 4.10 Minuten

L. v. Beethoven, Symphonie Nr. 6, F-Dur, Op. 68 „Pastorale“ Gewitter-Sturm, Allegro, 3.08 Minuten

R. Wagner, Die Walküre, Walkürenritt, 5.19 Minuten

Musiktyp: negativ-beruhigend

G. Mahler, 5. Symphonie, C-Moll, 4. Satz, Adagietto, 4.35 Minuten

R. Strauss, Metamorphosen, 1. Satz, Adagio, 5.20 Minuten

F. Chopin, Sonate Nr. 2, B-Moll, Totentanz-Ausschnitt, 2.29–6.28 Minuten

J. Rodrigo, Concierto de Aranjuez, Adagio, 4.5 Minuten

vs. beruhigend“ vorrangig am Tempo der Musikstücke orientierten. Aktivierende Musikstücke haben ein hohes Tempo, beruhigende Musikstücke dagegen ein geringes Tempo. Das Urteil anhand der Skala „positiv-fröhlich vs. negativ-traurig“ ist komplizierter. Es ist vermutlich nicht eindimensional und scheint an die Aktivationsdimension gebunden zu sein. Diese Aussage gilt insbesondere für negativ beurteilte Musikstücke. So sind die als positiv eingeschätzten Musikstücke positiv-fröhlich und aktivierend vs. positiv-fröhlich und beruhigend, doch die als negativ beurteilten erscheinen als negativ-Angst anzeigend und aktivierend vs. negativ-Trauer vermittelnd und beruhigend. Das impliziert auch, daß durch den Musiktyp „negativ-aktivierend“ eher ein Angst- als ein Ärgerzustand ausgelöst wird. Mit dem Skalenpol „negativ-traurig“ dürfte die Trauerkomponente deutlich, wegen des Polanteils „negativ“ aber auch die Angstkomponente ausreichend erfaßt werden.

Die beiden Musikstücke pro Musiktyp sind z.T. recht heterogen. Daraus folgt, daß mögliche Effekte, die durch die beiden die Musik charakterisierenden Faktoren hervorgerufen werden, ausgeprägte Generalisationen zulassen.

2.3 Versuchsablauf

Der Versuch fand als Einzelversuch in einem Raum des Instituts für Psychologie der TU Darmstadt statt. Den freiwilligen Vpn wurde das Ziel des Versuchs verschleiert: Es wurde ihnen zu Beginn mitgeteilt, es solle die Auswirkung von Musik auf kognitive Leistungen untersucht werden. Mit dieser Taktik sollte verhindert werden, daß die Vpn sich explizit mit Musikbeurteilung und Gefühlsinduktion von Musik beschäftigen, was möglicherweise die natürliche Wirkung von Musik beeinträchtigt hätte (Leichner und Wirth 1996).

Den Vpn, die an einem Tisch saßen, wurden dann gleichzeitig vier in einem Vorversuch ausgewählte Schwarzweiß-Photographien von Ansel Adams gezeigt, auf denen ruhige Landschaften der USA abgebildet sind. Aufgabe der Vpn war es, die Bilder auf sich wirken zu lassen und jedes mit ein oder zwei Worten, die das Bild charakterisieren, zu belegen. Ziel dieser Vorgehensweise war es, die Vpn in einen, für sie alle etwa gleichen entspannten Zustand zu versetzen. Dabei wurden beide Hemisphären aktiviert, die rechte durch das Betrachten der Bilder, die linke durch die Wortwahl. Damit wurde die einseitige Aktivierung nur einer Hemisphäre vermieden.

Anschließend wurden die Vpn in einen Entspannungssessel gebeten mit dem Hinweis, daß sie nun Musik hören würden, die sie auf sich einwirken lassen sollten. Danach setzte die Vlin den Vpn einen Kopfhörer auf. Die monaurale Darbietung der Musik wurde den betroffenen Vpn durch einen gerade eingetretenen, kurzfristig nicht behebbaren Schaden begründet.

Die Nachbefragung ergab, daß alle betroffenen Vpn diese Begründung ohne Verdacht akzeptierten.

Die Vpn nahmen nach den etwa fünf Minuten, die das Musikstück dauerte, erneut am Tisch Platz, wo sie zunächst das Verhaltensinventar bearbeiteten. Nach weiteren Tätigkeiten, auf die in diesem Bericht nicht eingegangen wird, hatten sich die Vpn das von ihnen jeweils gehörte Musikstück zu vergegenwärtigen und es als Stimulus zu beurteilen.

Zum Schluß des Versuchs füllte die Vp einen ins Deutsche übersetzten Händigkeitsfragebogen (Oldfield 1971) aus und bearbeitete schließlich einen kurzen Fragebogen, mit dem die Erfahrung mit Musik erfaßt werden sollte. In die darzustellenden Ergebnisse gehen ausschließlich die Daten von Rechtshändern ein, bei denen – im Gegensatz zu Linkshändern – die eingangs beschriebenen Hemisphärenasymmetrien in etwa 95 % der Fälle bestehen. Die durchschnittliche Musikerfahrung der Vpn ist pro Zelle des Versuchsplans etwa gleich.

Das Verhaltensinventar wurde in der Abfolge der Erhebung der abhängigen Variablen zeitlich an erster Stelle vorgegeben, weil an dieser Stelle die durch die Musik geschaffenen Gefühle sowie die mit ihnen einhergehenden Verhaltenstendenzen am intensivsten sein dürften. Bei einer späteren Bearbeitung des Inventars sind die Gefühle möglicherweise – auch wegen der anderen zwischen Musik und Inventar eingeschobenen kognitiven Tätigkeiten – verblaßt, und die Beurteilung der Verhaltenstendenzen beruht unter diesen Bedingungen auf lediglich erinnerten musikevozierten Gefühlen. Daß die Beurteilung der Musik nach Bearbeitung des Inventars die Erinnerung der Musik voraussetzt, erscheint weniger gravierend, da das Erinnern der Musik bezüglich der erfragten Musikeigenschaften, wie positiv-fröhlich vs. negativ-traurig oder schnell vs. langsam, leichter gelingen dürfte als das Erinnern von Gefühl und Verhaltenstendenzen.

2.4 Abhängige Variablen

a) Verhaltensinventar

Das Verhaltensinventar enthält 50 unterschiedliche Aktivitäten, die mit diversen emotionalen Reaktionen einhergehen können. Aufgabe der Vpn ist es, anhand einer Skala von 0 (überhaupt nicht) bis 3 (sehr stark) anzugeben, in welchem Ausmaß ihr augenblicklich nach der entsprechenden Verhaltensweise zumute ist (Lechner und Wirth 1996).

b) Musikurteil

Wie im Vorversuch wurde das jeweilige Musikstück mit bipolaren visuellen Analogskalen beurteilt. Es handelt sich um die Skalen positiv-fröhlich vs. negativ-traurig, bekannt vs. unbekannt, aktivierend vs. beruhigend, einfach vs. komplex, dynamisch vs. statisch und schnell vs. langsam.

Die Verhaltenstendenzen sowie die Musikbeurteilungen anhand der Analogskalen bilden die abhängigen Variablen. Pro Variable wurde eine 3-faktorielle Varianzanalyse für unabhängige Gruppen gerechnet.

3. Ergebnisse

Da aus musikpsychologischer Perspektive vorrangig die Ergebnisse zur Musikbeurteilung von Interesse sind, werden ausschließlich sie hier wiedergegeben. Die Ergebnisse zum Verhaltensinventar werden in der Diskussion kurz erwähnt.

Im folgenden werden lediglich Ergebnisse dargestellt, die das 5 %-Signifikanzniveau erreichen.

Der Valenzfaktor der Musik bewirkt auf der Analogskala „positiv-fröhlich vs. negativ-traurig“ einen hoch signifikanten Haupteffekt ($F(1,48) = 36,74$; $p = 0,000$). Erwartungsgemäß wird positive Musik positiver ($X_P = 2,06$) eingeschätzt als negative ($X_N = 4,47$). Aber auch der Aktivationsfaktor bedingt bei dieser Skala einen hoch signifikanten, jedoch deutlich geringer ausgeprägten Haupteffekt ($F(1,48) = 8,16$; $p = 0,006$). Aktivierende Musik wird positiver erlebt ($X_{AK} = 2,69$) als beruhigende ($X_{Be} = 3,83$).

Die Interaktion zwischen dem Valenz- und Darbietungsfaktor, die den Haupteffekt des Valenzfaktors aufschlüsselt, wird signifikant ($F(2,48) = 3,59$; $p = 0,035$). Die Interaktion ist in der graphischen Darstellung 1 wiedergegeben.

Die Analyse der einfachen Haupteffekte (Kirk 1968) ergibt, daß die Differenz zwischen positiver und negativer Musik bei Darbietung am lin-

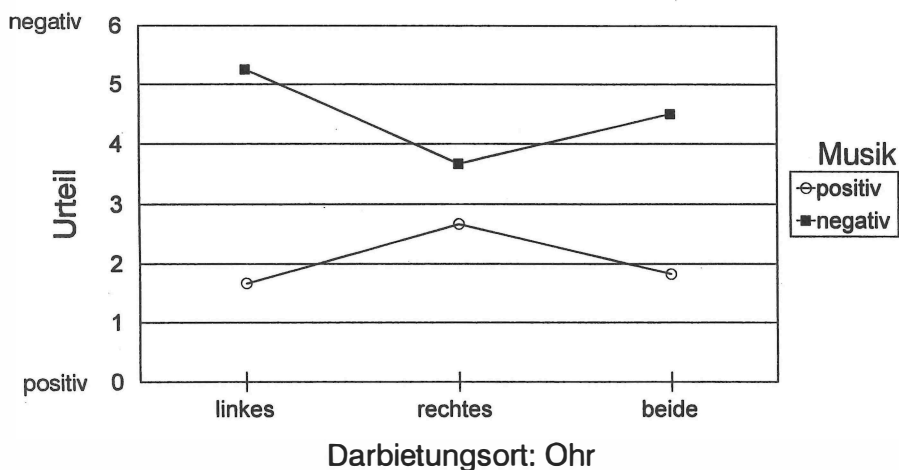


Abbildung 1:
Interaktion des Valenz- mit dem Darbietungsfaktor bei Skala
positiv-fröhlich vs. negativ-traurig.

ken Ohr (rechte Hemisphäre) und beiden Ohren (beide Hemisphären) jeweils das 1 %-Niveau erreichen, die Differenz bei Darbietung am linken Ohr jedoch ausgeprägter ist. Die Differenz verfehlt bei Darbietung am rechten Ohr (linke Hemisphäre) bei weitem das 5 %-Signifikanzniveau.

Die Veränderungen, die der 3-stufige Darbietungsfaktor bei negativer Musik bezüglich des positiv-fröhlich vs. negativ-traurig Urteils bedingt, ist auf dem 1 %-Niveau signifikant. Hier ist die Differenz zwischen Darbietung am linken und rechten Ohr besonders hoch. Diese Differenz erreicht im a posteriori Paarvergleich (Scheffé-Test) das 5 %-Signifikanzniveau. Die beiden Differenzen zwischen rechtem und beiden Ohren sowie zwischen linkem und beiden Ohren verfehlen dieses Signifikanzniveau deutlich. Die durch den Darbietungsfaktor bei positiver Musik hervorgerufenen Veränderungen erreichen lediglich das 5 %-Signifikanzniveau. In der weiteren Analyse erweist sich keine der drei Mittelwertsdifferenzen als auf dem 5 %-Niveau signifikant.

Die geschilderte Interaktion unterstützt eindeutig den in der Einleitung genannten ersten Ansatz zur Hemisphärenasymmetrie bei Musik: Die Valenz der Musik, wie weit sie also positiv, heiter und fröhlich vs. negativ, Angst oder Trauer ausdrückend erlebt wird, wird rechtshemisphärisch weitaus besser erkannt als linkshemisphärisch. Das Hören mit beiden Hemisphären vermindert die rechtshemisphärische Leistung, da nun auch die linke Hemisphäre beteiligt ist. Weiterhin zeigt sich, daß sich die Hemisphärenasymmetrie in diesem Urteil bei negativer Musik stärker durchsetzt als bei positiver Musik.

Bei der Analogskala „bekannt vs. unbekannt“ ergaben sich keine statistisch bedeutsamen Ergebnisse. Dieser Sachverhalt ist wünschenswert. Er macht deutlich, daß sich die Musiktypen in ihrem Bekanntheitsgrad nicht unterscheiden, so daß die weiteren Urteile nicht durch den Bekanntheitsgrad beeinflusst werden.

Der Aktivationsfaktor bedingt bei der Skala „aktivierend vs. beruhigend“ einen sehr hoch signifikanten Haupteffekt ($F(1,48) = 32,82$; $p = 0,000$) in der zu erwartenden Richtung ($\bar{X}_{Be} = 4,86$; $\bar{X}_{AK} = 2,53$). Der Einfluß des Aktivationsfaktors auf das Urteil „aktivierend vs. beruhigend“ wird maßgeblich durch den Valenzfaktor moderiert, wie die hoch signifikante Interaktion zwischen beiden Faktoren offenbart ($F(1,48) = 8,20$; $p = 0,006$). Die graphische Darstellung 2 veranschaulicht die Interaktion.

Die weitere statistische Analyse ergibt, daß nur eine der vier Differenzen nicht signifikant ist. Es ist die Differenz zwischen positiver und negativer, jeweils aktivierender Musik. Die entsprechende Differenz ist bei beruhigender Musik hoch signifikant (1 %-Signifikanzniveau). Entsprechend ist auch die Differenz zwischen aktivierender und beruhigender Musik bei negativer Musik hoch signifikant (1 %-Signifikanzniveau) und erreicht bei positiver Musik lediglich das 5 %-Signifikanzniveau. Das Ergebnis macht deutlich, daß insbesondere negative, beruhigende, Trauer indizierende Musik als beruhigend, besser als deaktivierend beurteilt wurde.

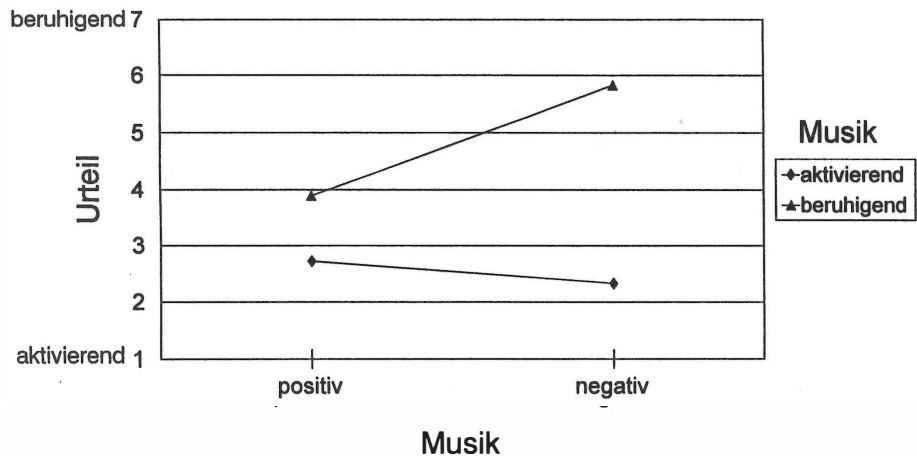


Abbildung 2:
Interaktion des Valenz- mit dem Aktivationsfaktor bei Skala aktivierend vs. beruhigend.

Schließlich erweist sich bei dieser abhängigen Variable auch die Interaktion zwischen dem Valenz- und Darbietungsfaktor als signifikant ($F(2,48) = 4,89$; $p = 0,012$). In der graphischen Darstellung 3 ist die Interaktion wiedergegeben.

Die weitere statistische Analyse ergibt, daß die Differenz zwischen positiver und negativer Musik bei Darbietung am linken Ohr hoch signifikant ist (1 %-Niveau), die gleichgerichtete Differenz erreicht bei beidseitigem

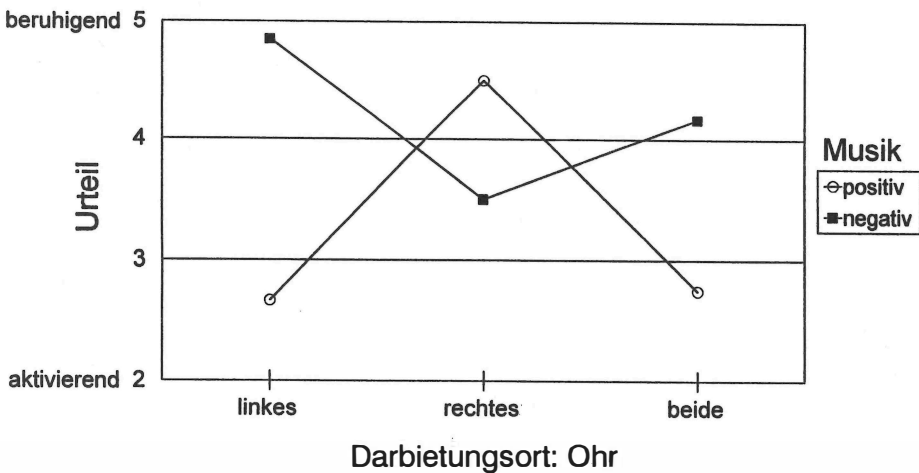


Abbildung 3:
Interaktion des Valenz- mit dem Darbietungsfaktor bei Skala aktivierend vs. beruhigend.

Hören das 5 %-Signifikanzniveau, und diese inhaltlich umgekehrte Differenz verfehlt bei Darbietung am rechten Ohr deutlich das 5 %-Signifikanzniveau.

Dieses Ergebnis entspricht wiederum den Vorhersagen, die sich aus dem anfangs dargestellten ersten Erklärungsansatz ergeben: Die rechte Hemisphäre differenziert ausgeprägt zwischen positiver und negativer Musik, wobei die negative als beruhigender erlebt wird als positive. Linkshemisphärisch werden die beiden Musiktypen umgekehrt, aber nicht signifikant beurteilt. Beim Hören mit beiden Hemisphären ergibt sich dieselbe, aber weniger ausgeprägte Differenz wie bei rechtshemisphärischer Verarbeitung, da unter dieser Bedingung die linke Hemisphäre die Leistung der rechten beeinträchtigt.

Weiterhin zeigt sich, daß die Veränderungen, die der Darbietungsfaktor bei positiver Musik bedingt, das 5 %-Signifikanzniveau erreichen, bei negativer Musik jedoch nicht statistisch bedeutsam werden. Das bedeutet, daß sich zumindest bezüglich der Skala „aktivierend vs. beruhigend“ die Hemisphärenasymmetrie beim Hören positiver Musik stärker auswirkt als beim Hören negativer Musik.

Bei der Skala „einfach vs. komplex“ ruft der Aktivationsfaktor einen signifikanten Haupteffekt hervor ($F(1,48) = 6,76$; $p = 0,012$). Aktivierende Musik wird als komplexer beurteilt ($X_{AK} = 5,36$) als beruhigende ($X_{Be} = 4,19$).

Wie bei der obigen Skala kommt es auch bei der Skala „dynamisch vs. statisch“ zu nur einem signifikanten Ergebnis. Und auch hier bedingt der Aktivationsfaktor einen nun hoch signifikanten Haupteffekt ($F(1,48) = 16,33$; $p = 0,000$). Wie zu erwarten, wird aktivierende Musik als recht dynamisch beurteilt ($X_{AK} = 1,58$), beruhigende als eher statisch ($X_{Be} = 3,14$).

Bei der letzten Skala zur Musikbeurteilung, der Skala „schnell vs. langsam“ sind alle drei Haupteffekte statistisch bedeutsam. Positive Musik ($X_{Po} = 3,33$) wird hoch signifikant als schneller beurteilt als negative Musik ($X_{Ne} = 4,39$) ($F(1,48) = 13,88$; $p = 0,001$), und aktivierende Musik ($X_{AK} = 2,37$) ist laut Urteil sehr viel schneller als beruhigende Musik ($X_{Be} = 5,36$) ($F(1,48) = 112,15$; $p = 0,000$). Während diese beiden geschilderten Haupteffekte die aufgrund der beiden Faktoren entstandenen Musiktypen beschreiben, deckt der dritte signifikante Haupteffekt, bedingt durch den Darbietungsfaktor, erneut Hemisphärenasymmetrien auf ($F(2,48) = 3,18$; $p = 0,050$). Musik, dem linken Ohr dargeboten, wird am langsamsten ($X_{Li} = 4,29$) beurteilt. Laut Urteil ist die in das rechte Ohr eingespielte Musik etwas schneller ($X_{Re} = 3,87$) und noch schneller die mit beiden Ohren gehörte Musik ($X_{Be} = 3,42$).

Zwar erweist sich keine der Differenzen zwischen den drei Mittelwerten im a posteriori Paarvergleich (Scheffé-Test) als signifikant (5 %-Niveau), doch auch dieses Ergebnis spricht für den ersten in der Einleitung erwähnten Erklärungsansatz: Rechtshemisphärisch wird die Musik gestalthaft verarbeitet, zeitliche Aspekte sind untergeordnet. Folglich erscheint die Musik als eher langsam. In der linken Hemisphäre wird der Zeitaspekt der

Musik analysiert, und die Musik erscheint entsprechend als schneller. In diese Überlegungen paßt jedoch nicht ganz, daß Musik, gehört mit beiden Hemisphären, als am schnellsten beurteilt wurde. Zu erwarten wäre für diesen Fall ein Wert, der zwischen den beiden Werten nach links- und rechtshemisphärischem Musikhören liegt. Andererseits ist es möglich, daß erst die zeitliche Analyse einer sich in der Zeit entwickelnden Gestalt die tatsächlich hohe Musikgeschwindigkeit erkennen läßt, und ein solches Abgleichen von Zeit und Gestalt ist am besten möglich beim Hören mit beiden Hemisphären.

4. Diskussion

Die Hypothese, daß die Hemisphärenasymmetrie bei der Beurteilung der Musik deutlich wird, aber nicht in die gefühlsvermittelten Verhaltenstendenzen bedeutsam hineinwirkt, hat sich bestätigt:

Bei zwei Analogskalen, nämlich „positiv-fröhlich vs. negativ-traurig“ und „aktivierend vs. beruhigend“, moderiert der Darbietungsfaktor den Einfluß des Valenzfaktors signifikant, bei der Skala „schnell vs. langsam“ bewirkt der Darbietungsfaktor einen signifikanten Haupteffekt. Dagegen nimmt der Darbietungsfaktor bei keiner der fünf Verhaltenstendenzen statistisch bedeutsamen Einfluß, wohl aber die beiden Musikfaktoren.

Die Interaktionen bei den beiden Analogskalen machen deutlich, daß die rechte Hemisphäre die unterschiedlichen Musikkomponenten besser differenziert als die linke Hemisphäre. Sind beide Hemisphären an der Musikverarbeitung beteiligt, beeinträchtigt die linke Hemisphäre die Leistung der rechten.

Die Hemisphärenasymmetrie fällt bei negativer Musik deutlicher aus als bei positiver Musik, wenn sich das Urteil auf die Valenz der Musik „positiv-fröhlich vs. negativ-traurig“ bezieht. Offensichtlich erkennt die rechte Hemisphäre besser als die linke die negativ-traurige Valenz der negativen Musik. Sie ist aber nicht im gleichen Ausmaß spezialisiert für das Erkennen der positiv-fröhlichen Valenz, die die positive Musik vermittelt. Dieses Ergebnis unterstützt die Auffassung von Davidson (1995), daß die rechte Hemisphäre besser mit negativen Valenzen umgehen kann. Die Interaktion insgesamt spricht aber nicht für seine Auffassung, daß die linke Hemisphäre für den Umgang mit positiven Valenzen geeigneter sei.

Beim Urteil „aktivierend vs. beruhigend“ ist – umgekehrt zum obigen Sachverhalt – die Hemisphärenasymmetrie bei positiver Musik ausgeprägter als bei negativer Musik. Demnach ist die rechte Hemisphäre spezialisiert auf das Erkennen hoch aktivierender positiver Musik und weniger geeignet für das Erkennen des beruhigenden Anteils negativer Musik.

Aus den beiden Ergebnissen zur spezifischen Hemisphärenasymmetrie läßt sich auch folgern, daß negative Musik besser die Valenz der Musik transportiert, positive Musik dagegen die Aktivierung.

Der Haupteffekt bei der Skala „schnell vs. langsam“ zeigt, daß wohl die linke Hemisphäre besser geeignet ist, zeitliche Aspekte der Musik zu erkennen. Die Folge davon ist, daß Musik, linkshemisphärisch gehört, als schneller beurteilt wird als rechtshemisphärisch wahrgenommene Musik. Um die tatsächliche, noch höhere Geschwindigkeit der Musik zu erkennen, müssen wohl beide Hemisphären beteiligt sein. Denn nur die beidhemisphärische Musikverarbeitung erlaubt die Analyse einer sich in der Zeit entwickelnden Tongestalt, die durch ihre melodische und harmonische Informationsdichte bestimmt wird (Behne 1972). Die Musik wird als schnell beurteilt, wenn die linke Hemisphäre die zeitliche Entwicklung der rechtshemisphärisch interpretierten melodischen und harmonischen Informationsdichte erkennt.

Die Musikbeurteilung bestätigt in etwa die bei der Auswahl der Musikstücke bestimmenden Musikdimensionen: Positive Musik wird als deutlich positiver eingeschätzt als negative Musik. Bei dieser Skala ruft allerdings auch der Aktivierungsfaktor einen hoch signifikanten Haupteffekt hervor. Aktivierende Musik wird als positiver beurteilt als beruhigende Musik. Dieses Ergebnis offenbart, daß nicht nur die Valenz der Musik, sondern auch die von der Musik vermittelte Aktivierung, ihr Tempo, auf das Valenzurteil Einfluß nimmt.

Aktivierende Musik wird als deutlich aktivierender eingeschätzt als beruhigende Musik. Während – wie oben ausgeführt – auf das Valenzurteil auch der Aktivationsfaktor Einfluß nahm, wird hier der Einfluß des Aktivationsfaktors auf das Aktivationsurteil durch den Valenzfaktor moderiert. Negative, beruhigende, Trauer anzeigende Musik wird als besonders beruhigend beurteilt.

Neben dem schon erwähnten Darbietungsfaktor wirken sich in der Skala „schnell vs. langsam“ wiederum sowohl der Aktivierungs- wie Valenzfaktor hoch signifikant aus. Positive Musik und aktivierende Musik werden jeweils als schneller eingeschätzt als negative und beruhigende Musik.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, daß in der Musik, zumindest den hier ausgewählten Musikstücken, Valenz und Aktivierung der Musik nicht unabhängig voneinander sind. Beide Faktoren beeinflussen das Valenz- und Aktivations- sowie das Schnelligkeitsurteil.

In den Analogskalen „einfach vs. komplex“ und „dynamisch vs. statisch“ nimmt lediglich der Aktivationsfaktor statistisch bedeutsam Einfluß. Aktivierende Musik erscheint komplexer und dynamischer als beruhigende Musik.

Der Aktivationsfaktor erweist sich bei der Musikbeurteilung – zumindest anhand der hier verwendeten Skalen – als gewichtiger als der Valenzfaktor: Er nimmt bei fünf Analogskalen statistisch bedeutsam Einfluß, der Valenzfaktor dagegen nur bei drei Skalen. Auch bei den gefühlsvermittelten Verhaltenstendenzen ist der Aktivationsfaktor der wirksamere Faktor.

Literatur

- Alajouanine, T. (1948). Aphasia and Artistic Realization. *Brain*, 71, 229–214.
- Bear, D. M. (1983). Hemispheric Specialization and the Neurology of Emotion. *Archives of General Psychiatry*, 40, 195–202.
- Behne, K.-E. (1972). *Der Einfluß des Tempos auf die Beurteilung von Musik*. Köln: Arno Volk Verlag.
- Bever, T. G., & Chiarello, R. J. (1974). Cerebral Dominance in Musicians and Non-musicians. *Science*, 185, 537–539.
- Bogen, J. E. & Gordon, H. W. (1971). Musical Tests of Functional Lateralization with Intracarotid Amobarbital. *Nature*, 230, 524–525.
- Breitling, D., Guenther, W., & Rondot, P. (1987). Auditory perception of music measured by brain electrical activity mapping. *Neuropsychologia*, 25, 765–774.
- Bryden, M. P., Levy, R. G., & Sugarman, J. H. (1982). A left-ear advantage for identifying the emotional quality of tonal sequences. *Neuropsychologia*, 20, 83–87.
- Davidson, R. J. (1995). Cerebral Asymmetry, Emotion, and Affective Style. In R. J. Davidson & K. Hugdal (Eds.), *Brain Asymmetry*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gates, A., & Bradshaw, J. L. (1977). The role of the cerebral hemispheres in music. *Brain and language*, 3, 451–460.
- Gordon, H. W. & Bogen, J. E. (1974). Hemispheric Lateralization of Singing After Intracarotid Sodium Amobarbital. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 37, 727–738.
- Gorelick, P. B., & Ross, E. D. (1987). *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 37, 727–737.
- Kimura, D. (1961). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156–171.
- Kinsbourne, M., & Bemporad, B. (1984). Lateralization of Emotion: A Model and the Evidence. In N. A. Fox & R. J. Davidson (Eds.), *The Psychobiology of Affective Development*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Kirk, R. E. (1970). *Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences*. Belmont: Wadsworth.
- Lechner, R. und Wirth, Th. (1996). *Musik, Geruch und Imagination als Methoden zur Induktion von Gefühlen. Ein Vergleich des Einflusses methodenspezifisch hergestellter Gefühlszustände auf kognitive Prozesse und Verhaltenstendenzen*. Manuskript, Technische Universität Darmstadt, Institut für Psychologie.
- Mannhaupt, H. R. (1983). Processing of abstract and concrete nouns in lateralized memory-search tasks. *Psychological Research*, 45, 91–105.
- McFarland, R. A., & Kennison, R. (1989). Handedness Affects Emotional Valence Asymmetry. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 435–441.
- Milner, B. (1962). Laterality Effects in Audition. In V. Mountcastle (Ed.), *Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Milner, B., Taylor, L., & Sperry, R. W. (1968). Lateralized Suppression of Dichotically Presented Digits After Commissural Section in Man. *Science* 161, 184–185.
- Oldfield, R. C. (1971). The Assessment and Analysis of Handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97–114.
- Polzella, D. J., Kuna, A. M., Biers, D. W., & DaPolito, F. (1982). Hemispheric asymmetry in musically-induced color imagery. *Psychomusicology*, 2, 64–71.

- Robinson, G. M. & Solomon, D. J. (1974). Rhythm is processed by the speech hemisphere. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 508–511.
- Sergent, J., Zuck, E., Terriah, S., & MacDonald, B. (1992). Distributed Neural Network Underlying Musical Sight-Reading and Keyboard Performance. *Science*, 257, 106–109.
- Terwogt, M. M. & Grinsven, F. van (1991). Musical expression of moodstates. *Psychology of Music*, 19, 99–109.
- Zatorre, R. J. (1984). Musical Perception and Cerebral Function: A Critical Review. *Music Perception*, 2, 196–221.