

Psychovegetative Aspekte des Musikhörens (1) (2)

An Versuchen, das Musikerleben mit physiologischen Methoden (Psychogalvanischer Reflex, Puls, etc.) zu untersuchen, mangelt es nicht. (3) Auch die diesen Versuchen eigentümliche Problematik, die mit der Auswahl der Vpn und der Musikbeispiele anfängt und mit der Unsicherheit, welche Bedeutung die gemessenen Variablen tatsächlich haben, noch nicht aufhört, ist mehrfach dargelegt worden. (4) Der Eindruck der Ziellosigkeit, der diesen Experimenten häufig anhaftet, die teils beträchtlichen methodischen Schwächen und vielleicht auch übersteigerte Erwartungen mögen zur Enttäuschung über die „.... geringe Aussagekraft physiologischer Verfahren (...) zur Analyse des Erlebens von Musik“ (5) und zu einer Abkehr von diesen Methoden führen. Trotzdem scheint mir eine Be trachtung vorliegender Untersuchungsergebnisse unter zwei Gesichtspunkten interessant und möglich:

- 1) Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Bewertung bzw. Empfindung eines Musikstückes als angenehm oder unangenehm und bestimmten vegetativen Reaktionen?
- 2) Gibt es bestimmte musikimmanente Faktoren, die
 - a) ergotrope
 - b) trophotrope Reaktionen des Organismus hervorrufen? (6)

Zu 1) In Bezug auf diese Frage finden sich 3 verschiedene Reiz-Reaktions-Konstellationen.

- 1.1 a) Angenehme musikalische Reize bewirken trophotrope Reaktionen.
- b) Unangenehm musikalische Reize bewirken ergotrope Reaktionen.
- 1.2 a) Trophotrope Reaktionen auf unangenehme musikalische Reize.
- b) Ergotrope Reaktionen auf angenehme musikalische Reize.
- 1.3 Es besteht keine unmittelbare Beziehung zwischen Bewertung und vegetativen Reaktionen.

1.1 Daß angenehme musikalische Reize trophotrope Reaktionen bewirken, läßt sich den Versuchen von H.A. Ries entnehmen: „.... The more a S reports liking a selection (Musikstück, d.V.), the deeper his breathing becomes“. (S. 64) Die gleiche Tendenz zeigen Versuche Kneutgens: Das Vorspielen von Wiegenliedern bewirkte Herz- und Atemfrequenzsenkungen, Erhöhung der Reizschwelle sowie erhöhtes Schlafbedürfnis. Sie wurden als angenehm und entspannend empfunden. Unregelmäßige Herzschlag-

folge (Arrhythmie), Extrasystolen (durch vorzeitiges Auftreten zusätzlich anmutende Herzkontraktionen) und beschleunigter Herzschlag (Tachykardie) treten nach Harrer (7) auf, wenn die Musik subjektives Unbehagen hervorruft. Extrasystolen konnte Harrer regelmäßig provozieren, wenn er der Vp ein von ihr abgelehntes Stück vorspielte. Lacey et al. stellen heraus, daß angenehme musikalische Reize eine Herzschlagverlangsamung bewirken, und daß unangenehme (solche, die der Organismus abwehren will) Herzschlagbeschleunigung zur Folge haben. Auf eine Untersuchung von Paul Mentz aus dem Jahre 1895 zurückgreifend, der Atem- und Pulsbeschleunigungen mit unangenehmen musikalischen Reizen in Zusammenhang brachte, interpretiert Willms (9) erhöhte Herz- und Atemfrequenz als „Geräuschangst“, die als eine von drei möglichen musikalischen Erlebnisweisen (1. Geräuschangst, 2. regressives Erleben und Triebabfuhr, 3. Strukturproduktion bzw. Nachvollziehen, Objektbezug; vgl. Willms S. 29) innerhalb seiner psychoanalytisch orientierten Theorie zur psychischen und physiologischen Wirkungsweise von Musik eine wesentliche Rolle spielt.

1.2 Die Untersuchungen de Jongs et al. beabsichtigten insbesondere, die Annahmen Lacey's et al. zu widerlegen (unangenehme musikalische Reize steigern den Herzschlag, angenehme senken ihn). De Jong et al. stellten fest, daß während des Hörens von als „beautiful“ eingestufter Musik Herz- und Atemfrequenz der Probanden stiegen, Anzahl der psychogalvanischen Reflexe stieg, der Hautwiderstand nahm ab. Bei zwei Versuchsgruppen zeigte sich während der als „ugly“ eingestuften Musik eine signifikante, bzw. fast signifikante Abnahme der Herzfrequenz. De Jong et al. sprechen hier von „directional fractionation“ des Konzeptes von Lacey et al., zumindest was zwei (der drei) Versuchsgruppen betraf. Eine Schwäche der Untersuchungen de Jongs et al. allerdings ist, wie sie auch selbst einräumen, daß es meistens schnelle Stücke waren, die als angenehm beurteilt wurden, sodaß vermutet werden kann, daß das Tempo nicht ohne Einfluß geblieben ist. Diese scheinbar gegensätzlichen Positionen lassen sich miteinander vereinbaren, wenn man bedenkt, daß die Messung vegetativer Prozesse nur **eine Dimension**, und zwar das Ausmaß, die **Quantität** der Erregung bzw. Beruhigung widerspiegelt, aber nicht deren **Erlebnisqualität**. Durch ein Musikstück kann also sowohl eine als angenehm

empfundene, freudig erregte Reaktion wie auch eine als unangenehm, ärgerlich empfundene Erregung induziert werden. Umgekehrt ist denkbar, daß sowohl subjektiv angenehme als auch unangenehme Musikstücke gleichzeitig auch langweilig und uninteressant sind, was seinen Ausdruck in vegetativer Beruhigung findet.

Zu 2) Fragt man sich, ob und wie bestimmte musikalische Elemente auf das Vegetativum wirksam werden, läßt sich die isolierte Betrachtung einzelner musikalischer Parameter kaum vermeiden. Daß dieses nicht unproblematisch ist, ist selbstverständlich, da einem Musikstück ja in der Regel nicht die konstante Wirksamkeit eines einzelnen Parameters wesentlich ist, sondern der Zusammenhang und das Zusammenspiel aller Parameter. Außer Betracht bleiben auch zwangsläufig die individuellen Faktoren (Einstellung, Assoziationen, Hörgewohnheiten der Vp). Trotz dieser Einschränkungen lassen sich vegetative Veränderungen als Reaktion auf bestimmte musikalische Eigenschaften nachweisen.

2.1 Rolle der Dynamik bzw. Lautstärke

Trifft Schall auf das Ohr, so „können an der Schnecke bioelektrische Potentiale verschiedener Art nachgewiesen werden. Dazu gehören vor allen Dingen die von den Sinneszellen des Cortischen Organs (dem 1. Glied der Erregungskette zwischen Innenohr und Hirnrinde) erzeugten Mikrophonpotentiale (microphones, Reizfolgeströme)“. Wie Trendelenburg (10) weiter ausführt, arbeitet das Ohr „... hier wie ein technisches Mikrophon, wobei es seine Energie aus dem Zellstoffwechsel bezieht ...“. Neben den Mikrophonpotentialen kann man bei Ableitungen von verschiedenen Stellen der Schnecke noch kurzdauernde Potentialschwankungen feststellen, die sich den Mikrophonpotentialen beimischen und von den der Sinneszelle nachgeschalteten Hörnerven erzeugt werden. (Trendelenburg, S. 441) Diese bioelektrischen Signale werden auf verzweigten und vielfach untereinander verschalteten Nervenwegen dem Zentralnervensystem (ZNS) weitergeleitet. „Eine Schlüsselstellung nimmt die Reticularformation ein, ein Nervennetzwerk, das für Wachheit, Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit verantwortlich ist. Diese Struktur ist nämlich an die vegetativen Zentren, die Steuerungssysteme für die Muskelruhespannung und die Kontrolle der Willkürbewegungen, an die für die affektive Beimischung physischer und mentaler Prozesse verantwortliche Struktur sowie an die Hirnrinde angeschlossen. Darum ändert sich mit dem Aktivitätsniveau in dieser „Wachzentrale“ nicht nur die Bewußtseinshelligkeit, vielmehr kommt es simultan zu motorischen, vegetativen, psychischen und mentalen Funktionsveränderungen. Weil zudem nervliche Kontakte zu den Sinnesorganen existieren, muß es auch dort zu Empfindlichkeitsvorstellungen kommen, die man gemeinhin „nervöse“ Adaption nennt.“ (11) Die physischen Reaktionen auf akustische Sinnesreize steigern sich mit wachsender Lautstärke. Destunis und Seebandt sind der Ansicht,

daß der Dynamik eine dominierende Stellung im musikalischen Gesamtgeschehen zukommt. „Voraussetzung für Puls- und Blutdrucksteigerung blieb das dynamische Forte oder Fortissimo“, starke dynamische Schwankungen „... spiegelten sich augenblicklich in den Puls- und Blutdruckschwankungen der Patienten wider: Beide Werte fielen mit der Verminderung und stiegen mit der Verstärkung der Dynamik“. Diese Aussagen werden durch andere Untersuchungen bestätigt. Harrer untersuchte das Pulsverhalten während des Hörens eines Trommelwirbels: Die Pulsfrequenz stieg und fiel synchron mit der Lautstärke. In einem ähnlich angelegtem Experiment Ch. Frank's ließ sich bei Personen mit „normaler“ vegetativer Reagibilität der gleiche Effekt beobachten. Ein kleiner Exkurs in das Gebiet der Lärmforschung soll zeigen, welchen Einfluß ein größeres Maß an Lautstärke auf das Vegetativum haben kann. Harrer stellt dar, daß sich bei Lärm oberhalb einer Lautstärke von ca. 65 Phon zwangsläufig vegetative Reaktionen in Gestalt von Kontraktionen kleiner und kleinster Blutgefäße, sowie Veränderung des Herzschlagvolumens einstellen. Er nimmt an, daß bei Lautstärken über 65 Phon „... vegetative Reaktionen über Bahnen verlaufen, die den Hörnerv unmittelbar mit den vegetativen Zentren verbinden, ohne daß hierbei die Großhirnrinde und psychische Reaktionen eingeschaltet sein müssen“. Wie Haider und Koller (12) schreiben, kommt es je nach „Ausgangslage des Organismus“ und Individualität bei Lärmreizen über 75 dB zu einer zunehmend ergotropen Reaktion. „Dies bedeutet, daß der gesamte Organismus durch den Lärm „gestreßt“ ist und unter anderem mit Verengung der Kapillaren, Herzfrequenzsteigerung und Blutdruckerhöhung reagiert. Neben diesen Kreislaufveränderungen kann es im weiteren zu einer Hemmung der Magen-Darmperistaltik und der Funktion der Verdauungsdrüsen, zu einer Erweiterung der Pupillen, einer erhöhten Muskelspannung und zu einer Stoffwechselsteigerung kommen“. Steigt die Lautstärke weiter, so ist bei Werten ab 85 dB – wobei es vollkommen egal ist, ob es sich um Lärm oder um Musik handelt – die Gefahr von temporären Hörverlusten um so größer, je höher die Lautstärke wird. (12, 13, 14) Wenn täglich über längere Zeit solche Lautstärken auf das Individuum einwirken, ist mit irreversiblen Hörschäden zu rechnen. Daß die Musik in Popkonzerten und Diskotheken Lautstärken um 125 dB erreicht, ist offensichtlich keine Seltenheit. (13, 14, 15) Neben Gehörschädigungen kommt es hierbei, wie Mark meint, zu einer Ausschüttung des Flucht- und Angriffshormons Adrenalin. „Der Mensch gerät in eine Streßsituation, für deren Abreaktion der traditionelle Konzertsaal nur wenig zweckentsprechend eingerichtet ist. Aggressionsexzesse wie Zerlegung des Inventars und Fluchtreaktionen in Form reihenweiser Ohnmachtsanfälle bei Rockkonzerten finden damit ihre Erklärung“. Wohl etwas spekulativ und in diesem Zusammenhang empirisch kaum nachweisbar, dürfte die Ansicht Marks sein, daß es durch überdosierte Ausschüttung von Adrenalin z.B. bei

Rockkonzerten zu einer Auslösung von Kodifizierungssubstanzen im Gehirn kommt. „Das bedeutet, daß der musikalische Schock Engramme, das sind Spuren, die die Erinnerung in das Gehirn eingraviert, ausradiert. Es können daraus bleibende Wissenslücken entstehen“. Es ist klar, daß diese exzessiven Formen des Musikgenusses die selteneren sind. Dennoch sind die auftretenden Lautstärken beim „normalen“ Musikhören nicht unerheblich. Die Tabellen 1 und 2 zeigen Durchschnittswerte der gemessenen Maxima von Lautstärken, die auf dem Orchesterpodium gemessen worden sind:

Tabelle 1 und 2:

Tabelle 6. Maxima des bewerteten Schallpegels bei verschiedenen Musikstücken

Rachmaninow, Op. 27:	bis zu 128 dB (A)
Ravel Concerto pour la main gauche:	bis zu 127 db (A)
Brahms, Op. 73:	bis zu 120 db (A)
Mozart, Op. 543:	bis zu 115 dB (A)
Mahler-Kindertotenlieder	bis zu 105 db (A)
Debussy, L'Après midi d'un Faune:	bis zu 102 dB (A)

Tabelle 7. Maxima des bewerteten Schallpegels an verschiedenen Meßstellen im Orchester, aufgegliedert nach verschiedenen Sätzen (Rachmaninow, Op. 27)

	Tiefe Streicher	Bereich: von Schlagzeug	Blechbläser
Largo	110 dB (A)	118 dB (A)	123 dB (A)
Allegro molto	105 dB (A)	118 dB (A)	120 dB (A)
Adagio	110 dB (A)	115 dB (A)	117 dB (A)
Allegro vivace	115 dB (A)	118 dB (A)	128 dB (A)

Quelle: Haider, Groll-Knapp, S. 34, 35 (16)

Diese Werte machen deutlich, daß zuweilen allein aufgrund der Lautstärke eines Musikstückes zwangsläufig vegetative Reaktionen auftreten müssen.

2.2 Rolle des Tempos

Eine weitere musikalische Variable, die einen wesentlichen Einfluß auf vegetative Veränderungen ergotroper oder trophotroper Art hat, ist das Tempo. Die schon zitierten Experimente von Destunis und Seebandt, Zimny und Weidenfeller, de Jong et al., zeigen Übereinstimmung darin, daß ein schnelles Tempo des zu Gehör gebrachten Musikstückes ergotrope Reaktionen in Form von Atem- und Herzfrequenzsteigerungen sowie Hautwiderstandsverminde rungen zur Folge hat. Dieses sogenannte „Puls- und Atemdriving“ – in Analogie zu dem „Photic-Driving“, dem Mitziehen der Alphawellen des EEG's bei zu- oder abnehmender Lichtblitzfrequenz eines Stroboskop (Harrer, 1975) – wird zurückgeführt auf den von v. Holst (17) beschriebenen „Magnet-Effekt“. Mit der in früheren Mitteilungen beschriebenen Methode

wird gefunden, daß das gegenseitige In-Beziehung-Treten verschiedener Lokomotionsrhythmen durch einen besonderen Prozeß zustande kommt, der aufgrund gewisser, ferner Analogien zu elektromagnetischen Kräften als Magnet-Effekt bezeichnet wird. Der Magnet-Effekt ist eine Attraktionswirkung, die von einem Automatismus ausgeht und sich auf die Frequenz eines anderen auswirkt, und zwar, je nach dem im Augenblick bestehenden Phasenverhältnis beider, entweder verzögernd (negative Attraktion) oder beschleunigend (positive Attraktion). Eine eingehendere Untersuchung führt zu dem Nachweis, daß der eine (attraktive) Automatismus den anderen (attrahierten) stets in jene gegenseitige Beziehung hineinzuziehen versucht, in der die beiden automatischen Zellen beider Rhythmen gleichzeitig, synergistisch arbeiten“.

Das Verhältnis der attraktiven zu der attrahierten Frequenz muß nicht 1:1 sein, es kann auch das eines rationalen Bruches sein (z.B. 2:3 o.ä.). Kneutgen (18) untersuchte diesen Effekt in mehreren Tierversuchen. Die Atmung einer Schamadrossel und die eines Fisches ließen sich in einem bestimmten Bereich mit den Schlägen eines Metronoms synchronisieren. Ebenso ließen sich das Hüpfen eines Sonnenvogels und eines Eichhörnchens sowie das Zählttempo der Versuchspersonen (und zwar gegen ihren Willen!) mit verschiedenen Frequenzen eines Metronoms synchronisieren. Weiterhin wurde von Kneutgen (1970) festgestellt, daß die Wirkungsweise von Wiegenliedern teilweise auf die negative Attraktionswirkung des Magnet-Effektes zurückzuführen ist. Sie zeigte sich im Experiment in einer Beruhigung und schließlich in einer Synchronisierung der vorher unregelmäßigen Atmung mit den Taktanfängen des Wiegenliedes bis zum Einschlafen der Vpn. Umgekehrt bewirkte ein schneller Jazz-Rhythmus eine eindeutige Beschleunigung der Herz- und Atemfrequenz. Diese Ergebnisse finden sich bei Harrer bestätigt. In einem Experiment von Nafde (19) paßten die Vpn ihr Gehtempo unwillkürlich der gehörten Musik an. Ohne Musik legten sie in 30 Minuten eine Meile, bei langsamer Musik eine halbe, bei schneller Musik zwei Meilen zurück. Die hervorragende Bedeutung, die dem Tempo in Zusammenhang mit der Lautstärke zukommt, läßt sich mit einem Bericht illustrieren, in dem J. Canacakis-Canàs die kultischen Tänze beschreibt, die noch heute in dem griechischen Dorf Hagia Eleni stattfinden.(20) Eins von dem vier Lieder umfassenden Kanon von Gesängen, die wesentlich zu den kultischen Riten gehören, nämlich die Weise „Konstantinos“ ist in der Lage, langsam mit einer gedämpften weichen Stimme vorgetragen, eine von einem „hysterischen“ Anfall geplagte Frau vollkommen zu beruhigen. Zu derselben Weise „Konstantinos“, von zwei Melodie- und Borduninstrumenten gespielt, wird bis zur Extase getanzt. „Die Extase wächst analog zu der Lautstärke und der progressiven Entwicklung des Tempos“. Nicht ganz vereinbaren mit den zuvor beschriebenen Untersuchungsergebnissen läßt sich ein Teilergebnis der Experimente, die Kohler et al. veröffentlichten: der

langsame 2. Satz des Violinkonzertes d-moll von J.S. Bach rief einen schnelleren mittleren Herzschlag hervor als der 1. Satz der 5. Symphonie Beethovens (Tempobezeichnung: Allegro con brio), obwohl die Analyse des Polaritätsprofils für das Bach-Stück die Charakteristik „geringe Potenz und Dynamik, geringe Erregung“ und für den 1. Satz der Beethovensymphonie die Charakteristik „hohe Potenz und Dynamik, ausgeprägte Erregung“ ergab. „Beim Hören des Stücks II (1. Satz der Beethovensymphonie d.V.) findet eine andersartige Steuerung der Regulation statt“ meinen die Autoren und führen diesen Befund „... auf die spezifischen Unterschiede zwischen den beiden Musikstücken“ zurück. Welcher Art z.B. diese „andersartige Steuerung der Regulation“ oder die „spezifischen Unterschiede zwischen den beiden Musikstücken“ sind, führen sie leider nicht weiter aus. Während Lautstärke und Tempo offensichtlich einen autonomen, anatomisch-physiologisch deutbaren Einfluß auf das Vegetativum haben (der natürlich durch das Hinzutreten von anderen musikalischen Parametern modifiziert werden kann), haben die übrigen Parameter (Harmonik, Klangfarbe etc.) für sich genommen keine unmittelbare, physiologische Wirkung, wenn dieses auch nachzuweisen versucht worden ist. Abgesehen von der Unmöglichkeit, z.B. einen oder mehrere Akkorde oder Klangfarben hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Vegetativum zu untersuchen, sind deren Bedeutungscharaktere und damit auch die emotionalen und vegetativen Reaktionsweisen auf solche (nur sekundär vegetativ wirksame) Komponenten kulturell verschieden und innerhalb solcher geschichtlich wandelbar und veränderlich. Eine andere Betrachtungsweise scheint daher sinnvoller: Die Veränderungen der Parameter während eines Zeitablaufes, der Wechsel in den Beziehungen untereinander, die Vorhersagbarkeit bzw. Nichtvorhersagbarkeit der Veränderungen bilden den Informationsgehalt eines Musikstückes (der natürlich nicht unabhängig ist von individuellen Gegebenheiten). Dieser Informationsgehalt eines Musikstückes könnte zentralnervöse Reaktionen des Organismus relativ unmittelbar auslösen. Im Folgenden soll daher das informationstheoretische Konzept Werbik's (21) kurz umrissen werden.

2.3 Rolle des Informationsgehaltes

Anhand von bestimmten musikalischen Reizen oder Reizfolgen werden Hörerfahrungen (Klassifizierung von musikalischen Reizen nach konstanten Aspekten) gebildet. Aufgrund dieser Hörerfahrung ergeben sich beim Hören von momentanen musikalischen Reizen, wenn sie jenen, an welchen die Hörerfahrungen gebildet wurden, ähnlich sind, in Bezug auf „die konstanten und variablen Aspekte“ bestimmte Hörerwartungen (Antizipationen, d.h. „vorweggenommene Klassifikation des nachfolgenden Ereignisses“, S. 50). Treten nun Diskrepanzen zwischen den Hörerwartungen und den momentanen musikalischen Reizen (afferente Informationen) auf, „... so gehen von den kortikalen Zentren zum reticulären System Impulse, die zur Erregungsproduktion der reticulären Neuronen

anregen. Bei Konkordanz zwischen afferenten und zentralen Prozessen (= Hörerwartung, d.V.) kommt es dagegen zu einer kortikofugalen Hemmung des Aktivierungssystems ...“ (S. 43). Die Aktivierung also und der Aktivierungsgrad ist, wie sich zeigen wird, abhängig von ihrer Unbestimmbarkeit, d.h. von ihrem Informationsgehalt. Werbik unterscheidet hier zwischen „distributiver“ Information („Neuheit“) und „syntaktischer“ Information („Komplexität“; S. 48). Die distributive Information musikalischer Reize nimmt mit zunehmender Wiederholung ab, was zur Folge hat, daß auch physiologische Wirkungen abnehmen.

Zwischen syntaktischen Informationsgehalt und Aktivierung bzw. Aktivierungsgrad besteht nach Werbik ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang (S. 53; 155). Bei geringem syntaktischen Informationsgehalt ist die Diskrepanz zwischen Antizipation und afferenten Reizen gering, weil die Antizipationen bestätigt werden, was geringe Erregung des Aktivierungssystems zur Folge hat. Bei steigendem Informationsgehalt nehmen die Diskrepanzen und somit auch die Erregung zu bis zu einem Höchstwert, ab dem die erregungsfördernden Diskrepanzen bei weiter steigendem Informationsgehalt abnehmen, da wegen der hohen Unbestimmbarkeit der musikalischen Reize keine Antizipationen mehr gebildet werden. Werbik nimmt an, daß der Organismus eine Tendenz zur Erhaltung eines mittleren Aktivationsniveau hat. „Ein mittleres Aktivationsniveau korrespondiert mit einem Maximum an Wohlbefinden.“ (S. 49; 157) Zwischen dem Grad der Aktivierung und dem Grad des Wohlgefallens besteht ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang. Ebenfalls wird zwischen der syntaktischen Information und dem Wohlbefinden ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang angenommen, wenn das optimale Aktivationsniveau überschritten wird. Falls diese Voraussetzung nicht zutrifft, steigt bei anfangs niedrigem Informationsgehalt „das Wohlgefallen mit zunehmenden syntaktischen Informationsgehalt bis zu einem ersten Maximum an, bei Tonfolgen mit mittlerem Informationsgehalt ergibt sich eine etwa U-förmige Beziehung zwischen Wohlgefallen und syntaktischer Information, nach dem zweiten Maximum fällt bei Tonfolgen mit hohem Informationsgehalt das Wohlgefallen mit zunehmender syntaktischer Information ab.“ (S. 157). Weiter weist Werbik darauf hin, daß „musikalisch Geübte“ bzw. „musikalisch Ungeübte“ natürlich unterschiedliche Reaktionen aufweisen dadurch, daß bei „musikalisch Trainierten“ schneller nach einmaligem Hören spezielle Antizipationen gebildet werden und sie über größere musikalische Erfahrung verfügen (S. 159).

Diese zunächst hypothetische Theorie wurde in Experimenten nachgeprüft. Als musikalische Reize verwendete Werbik systematisch in ihrer Unbestimmbarkeit (Informationsgehalt) variierte Tonfolgen, die, auf einer Querflöte (gleichbleibendes Tempo $J = 80$) vorgetragen, vom Tonband abgespielt wurden, während alle übrigen musikalischen Parameter gleich blieben.

Seine Hypothesen konnten in den Experimenten verifiziert werden. Obwohl es Werbik selbst fraglich erscheint, ob seine Hypothesen auf musikalische Reize „bei welchen andere Stimulusdimensionen variiert sind (z.B. Harmonik, Dynamik, Klangfarbe)“ (S. 163) ausgedehnt werden können, scheinen mir diese Hypothesen bis zu einem gewissen Grade allgemein anwendbar zu sein. Ein Aspekt der Wiegenlieder z.B., die nachweislich wie erwähnt eine starke trophotrope Wirkung haben, ist ihre Monotonie, d.h. ihr geringer Informationsgehalt.

Musikalische Reize, die eine häufige, rasche Veränderung der Parameter beinhalten, wie z.B. Strawinskys ‚Sacre‘ oder der letzte Satz von Dvoraks 9. Sinfonie, wirken erregend, wie die Untersuchungen von Destunis und Seebandt und de Jong et al. gezeigt haben. Für diese Theorie scheinen auch die Ergebnisse einer Untersuchung von F.P. Comella (22) zu sprechen. Er hatte festgestellt, daß Hörermüdigkeit eher bei Musik mit „düninem Klanggewebe“ (Andante-Satz aus Haydn, 104. Sinfonie, Takt 74-138) auftritt als bei solcher mit „dickem Klanggewebe“ (Strauß, Tod und Verklärung, Takt 67-170). Aufgrund eines Vergleiches der angegebenen Stellen in den Partituren und eines Hörvergleiches scheint mir die Gleichsetzung von „düninem Klanggewebe“ mit „relativ geringem Informationsgehalt“ und „dickem Klanggewebe“ mit „relativ großem Informationsgehalt“ gerechtfertigt.

Heftig angegriffen werden diese Hypothesen Werbiks von Kneutgen, (23) obwohl sich einige seiner Untersuchungsergebnisse mit Werbiks Hypothesen in Einklang bringen lassen. Werbiks Hypothesen erklären allerdings tatsächlich nicht, wieso z.B. ein Musikstück, das dem Hörer schon sehr vertraut ist (Evergreens, klassische „Hits“), und somit kaum noch einen mittleren Informationsgehalt hat, trotzdem noch aktivierend wirken und „Wohlgefallen“ erzeugen kann.

Es sei noch erwähnt, daß offensichtlich der Frequenzumfang einer Musikdarbietung einen Einfluß auf das Wachheitssystem hat. Wokoun (24) spielte in einer experimentellen Untersuchung Musik mit einem weiten Frequenzumfang und solche mit elektronisch reduziertem Frequenzbereich über Lautsprecher ab. Er fand, daß die Musik mit den ungefilterten Frequenzspektrum eine eindeutig stimulierende Wirkung auf das Wachheitssystem hatte.

Trotz der sicherlich zutreffenden Meinung von P. Farnsworth (25), daß es keine Kompositionen gebe, von der garantiert werden könne, daß sie bei einer größeren Anzahl von Menschen die gleiche oder fast gleiche Wirkung hervorrufen können (S. 196) scheint es mir möglich, aufgrund der dargestellten Forschungsergebnisse und Theorien Wirkungs-**Tendenzen** eines Musikstückes, das bestimmte Konstellationen von musikalischen Parametern aufweist, zu vermuten. Voraussetzung ist allerdings, daß kaum kalkulierbare individuelle Faktoren wie z.B. stark besetzte Assoziationen etc., keine übergewichtige Rolle spielen.

Ergotrop wird vermutlich ein Musikstück oder ein Musikausschnitt wirken, das charakterisiert ist durch das häufige oder andauernde Auftreten von folgender Parameterkonstellation:

- **große Lautstärke** bzw. starke Lautstärkeschwankungen
- **schnelles Tempo** bzw. starke Temposchwankungen (ggf. besondere Heraushebung des Metrums durch stark betonte 1 oder 3 bzw. Synkopierungen)
- **hoher Informationsgehalt**
- **weiter Ton- bzw. Frequenzumfang**

Tempo und Lautstärke sind natürlich auch Komponenten des Informationsgehaltes; sie sind aber gesondert aufgeführt, weil ihnen wie gezeigt, eine besonders gewichtige Rolle zukommt.

Entsprechend werden Musikstücke oder Ausschnitte aus solchen **trophotrop** wirken, die durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet sind:

- **geringe Lautstärke**; keine – oder nur geringfügige – Lautstärkeschwankungen
- **langsam Tempo**, möglichst keine Temposchwankungen
- **geringer Informationsgehalt**
- **kleiner Ton- bzw. Frequenzumfang**

Es liegt natürlich auf der Hand, daß es sich bei diesen Konstellationen von musikalischen Parametern um Idealtypen handelt, deren Charakteristika aus einem Zusammenguß von Destillaten verschiedener Untersuchungen und Forschungsergebnisse entstanden sind. Bei den Phänotypen von Musik wird sich vermutlich in den seltensten Fällen eine so eindeutige Zusammenstellung musikalischer Parameter finden, sondern sie werden sich auf dem Kontinuum zwischen den beiden konstruierten Eigenschaftspolen (trophotrop wirksame Musik – ergotrop wirksame Musik) und in ihrer Gewichtigkeit untereinander verschieben. Außerdem muß z.B. eine „ergotrop wirksame Konstellation“, die beim Individuum A tatsächlich ergotrop wirkt, nicht zwangsläufig auch bei B so wirken. Dies wird auch an einer Untersuchung von Taylor (26) deutlich: Weder die als stimulierend noch die als beruhigend vorbeurteilte Musik lösten entsprechende Reaktionen aus. Zwischen den Aussagen auf dem Fragebogen und den PGR-Reaktionen fand sich nur eine Übereinstimmung von 50%. Der Autor schließt daraus, daß die Vpn sich häufig ihrer erregten oder beruhigten physischen Reaktion nicht bewußt waren. Außerdem kann, wie Taylor auch einräumt, die Vorbeurteilung als beruhigend oder stimulierend falsch gewesen sein. Vielleicht hätte das Ergebnis anders ausgesehen, wenn mehrere physiologische Parameter und nicht nur der PGR gemessen worden wären, denn wie aus der Untersuchung von H.A. Ries hervorgeht, ist die Aussagekraft des PGR sehr beschränkt, wenn er als einziger physiologischer Parameter verwendet wird. Jedenfalls kommt Taylor zu dem berechtigten Schluß, daß die Wirkungsklassifi-

kation von Musik nicht nur die musikalischen Qualitäten berücksichtigen muß, sondern auch den musikalischen Hintergrund der Vpn und den Zeitpunkt, zu dem die Musik gehört wird. Ebenso scheint als stimulierend oder beruhigend beurteilte Musik auf Kinder, deren IQ in einem bestimmten, sehr niedrigen Bereich liegt, nicht die entsprechende Wirkung auszuüben. (27) So soll diese Zusammenstellung von musikalischen Eigenschaften auch nicht definitiv sagen, wann ein Musikstück wie wirkt, sondern nur Reaktionstendenzen angeben, die unter Umständen erwartet werden können. Auch ist die Konstellation der musikalischen Eigenschaften, die als trophotrop bzw. ergotrop wirksam betrachtet wird, nicht neu. Daß z.B. laute, schnelle und rhythmisch akzentuierte Musik wahrscheinlich erregend wirkt, ist eine alte Weisheit, ohne die eine Kommunikation zwischen Komponist und Hörer nie möglich wäre. Das Wesentliche scheint mir daher nicht die Zusammenstellung von musikalischen Eigenschaften, die möglicherweise erregend oder beruhigend wirken, sondern die Darstellung, *wie* einzelne Parameter wie Lautstärke und Informationsgehalt eine bestimmte Wirkung haben können. Dies könnte ein Mosaiksteinchen sein in dem sehr lückenhafte (und sicherlich nie vollständig werdenden) Bild aus Erklärungen, die das Musikhören und -erleben deuten wollen.

Anmerkungen:

- 1 Der vorliegende Beitrag beruht im Wesentlichen auf einem Teil der Examensarbeit für die 1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien, die der Verfasser im SS 1976 an der Hochschule für Musik in Detmold anfertigte. Herrn Prof. Dr. Behne, auf dessen Anregung hin dieser Beitrag entstand, sei hier für seine bereitwillige und hilfreiche Kritik gedankt.
- 2 „Als psychovegetativ werden jene Lebensvorgänge bezeichnet, bei denen, wie auch in den psychomotorischen Abläufen, ein Simultangeschehen mit einem somatischen und psychischen Aspekt gegeben ist.“ Psychisches und körperliches Geschehen sind eine Einheit; das Psychische ist kein Epiphänomen des Körperlichen und umgekehrt. Vgl. Delius, L., Fahrenberg, J.: Psychovegetative Syndrome, Stuttgart 1966, S. 7.
- 3 Einige der wichtigsten Publikationen auf diesem Gebiet: Destunis, G., Seebandt, R.: Beitrag zur Frage der Musik-einwirkung auf die zwischenhirngesteuerten Funktionen des Kindes, in: Teirich, H.R., (Hrsg.), Musik in der Medizin, Stuttgart 1958; Traxel, W., Wrede, G.: Hautwiderstandsänderungen bei Musikdarbietungen, in: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, VI, 2, 1959, S. 293 ff.; Zimny, G.H., Weidenfeller, E.W.: Effects of music upon GSR and Heart-Rate, American Journal of Psychology Nr. 76, 1962, S. 311 ff.; Harrer, G., Harrer, H.: Musik, Emotion und Vegetativum, Wiener medizinische Wochenschrift, Nr. 45/46, 1968, S. 966ff.; Ries, H.A.: GSR and breathing amplitude related to emotional reactions to music, Psychonomic Science, vol. 14 (2), 1969, S. 62 ff.; Kneutgen, J.: Eine Musikform und ihre biologische Funktion. Über die Funktionsweise der Wiegenlieder, Zeitschrift für angewandte Psychologie und Charakterkunde, Nr. 17, 1970, S. 245 ff.; Kohler, M. et al.: Physiologische und psychologische Untersuchungen zur rezeptiven Einzelmusiktherapie, in: Kohler, Chr., (Hrsg.), Musiktherapie, Theorie und Metho-
- 4 Vgl. hierzu z.B.: Lindsay, D.B.: Emotion, in: Stevens, S.S. (Ed.) Handbook of Experimental Psychology, New York 1961, S. 474 ff.; Mulder, G.: Methods and Limits of Psychophysiology; in Psychiatria, Neurologia, Neurochirurgia, Nr. 76, 1973, S. 179 ff.; Revers, W.J.: Das Problem der Interpretation bei polygraphischen Untersuchungen des Musikerlebens, in: Harrer, G., (Hrsg.), Grundlagen der Musiktherapie und Musikpsychologie, Stuttgart 1975; Frank, Chr.: Die Auswirkung rhythmischer Elemente auf vegetative Funktionen, in: Harrer, G., (Hrsg.), Grundlagen der Musiktherapie und Musikpsychologie, a.a.O., S. 86/87
- 5 Jost, E.: Über den Fetischcharakter des Mittelwerts. Methodische Probleme der experimentellen Musikpsychologie, in: Forschung in der Musikerziehung, Mainz 1974, S. 96
- 6 **Ergotrop** sind solche Reaktionen, die kraft- und spannungsentfaltend sind und mit der Aktivierung bestimmter Organe einhergehen (besonders des Blutkreislaufs). „Ihr entspricht die Steigerung viscero-motorischer und psychomotorischer (Gotenhofen und Hildebrandt, 1957) Impulse in Gesellung mit einer Erhöhung der Wachsamkeit sowie einer Beschleunigung der psychischen Assoziationen“. **Trophotrop** ist entsprechend die erholende, aufbauende Funktionslage des Organismus. Vgl. Delius, Fahrenberg, a.a.O. (siehe Anm. 2)
- 7 Harrer, G.: Das „Musikerlebnis“ im Griff des naturwissenschaftlichen Experiments, in: Harrer, G., (Hrsg.), Grundlagen der Musiktherapie und Musikpsychologie, Stuttgart 1975.
- 8 Lacey, J.I. et al.: The visceral level: situational determinante and behavioral correlates of autonomic response, in: Knapp, Expression of the emotions in man, University Press, New York 1963, zitiert nach de Jong et al., (siehe Anm. 3)
- 9 Willms, H.: Musiktherapie bei psychotischen Erkrankungen, Stuttgart 1975
- 10 Trendelenburg, F.: Einführung in die Akustik, 3. Aufl., Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961
- 11 Müller-Limmroth, W.: Die psychophysischen Belastungen eines Menschen bei bevorzugter akustischer Afferenz; Vortrag gehalten auf der 9. Tonmeister-Tagung 26.-29. Oktober 1972 in Köln; im Bericht über die 9. Tonmeistertagung, ebenda, Hrsg. Verband deutscher Tonmeister, Köln.
- 12 Haider, M., Koller, M.: „Lärm“, Lehrerinformation Gesundheitserziehung, Hrsg.: Bundesministerium für Unterricht und Kunst, Pressereferat, Wien, o.J., nicht pag.
- 13 Flugrath, J.M.: Modern-day rock and roll music and damage-risk criteria. The journal of the acoustical society in America, vol. 43 (3), 1969, S. 704 ff.
- 14 Rupp, Koch: Effects of too – loud music to human ears. Clinical Pediatrics, vol. 8 (2), 1969, S. 60 ff.
- 15 Mark, D.: Lärm, Musik und Umwelt. Die akustische Ökologie, Manuskript für eine Sendung des österreichischen Rundfunks am 5.3.1976
- 16 Haider, M., Groll-Knapp, E.: Psychophysiologische Untersuchungen über die Belastung des Musikers in einem Symphonieorchester, in: Piperek, M.: Streß und Kunst, Wien 1971.
- 17 V. Holst, E.: Der „Magnet-Effekt“ als koordinierendes Prinzip im Rückenmark, Pflüger's Archiv für Physiologie, 237, 1936

JUAN G. ROEDERER

Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik

Übersetzt aus dem Englischen von F. Mayer

79 Abbildungen. Etwa 240 Seiten. 1977

DM 28,-; US \$ 12.40

ISBN 3-540-08167-4

Preisänderungen vorbehalten

- 18 Kneutgen, J.: Beobachtungen über die Anpassung von Verhaltensweisen an gleichförmige akustische Reize, Zeitschrift für Tierpsychologie, Nr. 21, 1964, S. 765 ff.
- 19 Nafde, M.: Rhythm and Work, Japalbur, 1974
- 20 Canacakis-Canàs, J.: Pyroasie-Phänomen der Nichtverbrennung, in: Musik + Medizin 8, 1976, S. 31 ff.
- 21 Werbik, H.: Informationsgehalt und emotionale Wirkung von Musik, Mainz 1971
- 22 Comella, P.F.: An exploratory study of musical stimuli and inducement of auditory fatigue, Dissertation abstracts international, 1973, vol. 33 (12-A), 6947.
- 23 Kneutgen, J.: Musiktherapie aus der Sicht der vergleichenden Verhaltensforschung, in: Harrer, G. (Hrsg.), Grundlagen der Musiktherapie und Musikpsychologie, Stuttgart 1975, S. 125 ff.
- 24 Wokoun, W.: Work performance with music instrumentation and to frequency response, U.S. Army Human Engineering Laboratories Technical Memorandum, no. 1, 1968, nach: Psychological Abstracts, 44 (1), no 5996, 1970
- 25 Farnsworth, P.R.: Sozialpsychologie der Musik, Stuttgart 1976
- 26 Taylor, D.B.: Subject responses to precategorized stimulative and sedative music; Journal of Music Therapy, vol. X, sum. 1973, S. 86 ff.
- 27 McGunigle, Reardon, Bell: Effects of sedative and stimulative music on activity levels of severally retarded boys; American Journal of Mental Deficiency, 1970, vol. 75, 2, S. 156 ff.

Summary

The author deals with the following questions:

- 1) Is there a connection between the valuation of music as pleasant or unpleasant and certain body reactions?
- 2) Are there certain elements of music which produce
 - a) ergotropic or
 - b) trophotropicreactions of the organism?

On principle pleasant as well as unpleasant music can produce both: ergotropic reaction as joyful excitement elicited by pleasant music or as a defence against unpleasant music and trophotropic reaction as boredom elicited by pleasant or unpleasant music. Concerning the second question there is some evidence from experimental studies that music characterized by high loudness, fast tempo, great information content and a wide frequency range produces ergotropic body reactions and music characterized by low loudness, slow tempo, low information content and a small frequency range trophotropic reactions.

Dieses Buch beschäftigt sich mit den physikalischen Systemen und psychoakustischen Prozessen, die in Zusammenhang mit jenem Phänomen stehen, das wir allgemein als "Musik" bezeichnen. Es verfolgt dabei einen mehrfachen Zweck. Erstens soll es interessierten Musikern helfen zu verstehen, auf welche physikalische Weise musikalische Töne in einem Musikinstrument erzeugt werden und sich im Raum ausbreiten, und wie Musik vom Zuhörer empfangen und empfunden wird. Physikalisches und mathematisches Vorwissen jenseits des durchschnittlichen Schulniveaus ist dazu nicht erforderlich. Zweitens soll dieses Buch dem musikliebenden Wissenschaftler viele Fragen, die er sich bezüglich Musik und Tonempfindung gestellt haben dürfte, beantworten. Dem Audiologen und Neurophysiologen wird es nützliche Beispiele liefern, die anhand der relativ einfachen akustischen Reizmuster der Musik zeigen, wie das Nervensystem Sinnesinformation verarbeitet. Dem Musikpsychologen wird ein Versuch dargeboten, die Frage "warum lieben wir Musik?" von einem neuro-funktionellen Standpunkt aus zu beantworten. Schließlich soll das Buch dem fortgeschrittenen Komponisten neue Ideen bieten, um die spezielle Arbeitsweise des menschlichen Gehörs in seinem Schaffen ausbeuten zu können.

Inhaltsübersicht:

Musik, Physik und Psychophysik.—Schallschwingungen, reine Töne und die Wahrnehmung der Tonhöhe.—Schallwellen, akustische Energie und die Wahrnehmung von Lautstärke.—Erzeugung musikalischer Klänge, komplexe Töne und die Wahrnehmung der Klangfarbe.—Überlagerung und Zeitfolge komplexer Töne und die Wahrnehmung von Musik.—Anhang I-III.—Literatur.—Sachverzeichnis.

Springer-Verlag
Berlin
Heidelberg
New York



5224/4/2h