

Zeitschrift: Dissonanz : die neue schweizerische Musikzeitschrift = Dissonance : la nouvelle revue musicale suisse

Herausgeber: Schweizerischer Tonkünstlerverein

Band: - (1987)

Heft: 11

Artikel: Perzeption und Apperzeption der Dissonanzen in der zwölftönigen Musik = Perception et aperception des dissonances dans la musique dodécaphonique

Autor: Schnauber, Cornelius

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-927292>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 31.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Perzeption und Apperzeption der Dissonanzen in der zwölftönigen Musik

Perzeption et aperception des dissonances dans la musique dodécaphonique

Perzeption und Apperzeption der Dissonanzen in der zwölftönigen Musik

Seit über 60 Jahren ist Arnold Schönbergs «Technik der Komposition mit zwölf nur aufeinander bezogenen Tönen» bekannt, und sie wurde in der Zwischenzeit von vielen Komponisten angewandt und erweitert. Dennoch hat die zwölftönige Musik Schönbergs oder seiner Schüler noch immer nicht die Publikumswirksamkeit erreicht, die andere «Revolutionäre» in der Musik (Beethoven, Berlioz, Wagner) sechzig Jahre nach ihren richtungsweisenden Werken erlangt haben. Ein Grund hierfür sind die verselbständigten Dissonanzen in der atonalen, besonders aber in der zwölftönigen Musik, ein anderer Grund ist das Problem, dass der Zuhörer den Verlauf der Ton- und Klangführung in der zwölftönigen Musik weniger klar als in der tonalen Musik voraussehen kann und das führt zu Unsicherheit und Identifikationsschwierigkeiten. Der vorliegende Beitrag wird ausserdem zeigen, dass Dissonanzen nicht nur eine Frage der ästhetischen Erfassbarkeit (so Schönberg) sind, sondern physiologische Ursachen in der Cochlea haben, sobald Frequenzen in einer hier genau definierten und auf musikalische Halbtonintervalle bezogenen Frequenzenge in Grund- und Obertonbereichen aufeinanderfallen. Letzten Endes sind Dissonanzen aber ein Gestaltproblem und werden darin durch die zwölftönige Musik in ihrer Apperzeption eher erschwert als erleichtert. Der vorliegenden Arbeit liegen entscheidende Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte zum Dissonanz / Konsonanz-Problem in der Cochlea zugrunde. Ausserdem wurden Studien zur Dissonanz/Konsonanz-Perzeption nicht-westlicher Kulturen oder früherer geschichtlicher Epochen herangezogen.

Perception et aperception des dissonances dans la musique dodécaphonique
Depuis plus de 60 ans, la «technique de composition à l'aide de 12 tons uniquement reliés entre eux» de Arnold Schoenberg est connue et a été employée et modifiée par beaucoup de compositeurs. Pourtant, la musique sérielle de Schoenberg et de ses disciples n'a toujours pas obtenu l'audience dont bénéficiaient les chefs-d'oeuvres d'autres compositeurs «révolutionnaires» (Beethoven, Berlioz, Wagner) 60 ans après leur parution. L'une des raisons de ce manque de popularité est l'existence de dissonances autonomes dans la musique atonale, en particulier dans la musique sérielle; une autre raison en est que l'auditeur ne peut pas aussi facilement deviner l'évolution horizontale et verticale du son dans la musique sérielle que dans la musique tonale, ce qui provoque des incertitudes et des problèmes d'identification. Cet article démontre que les dissonances ne représentent pas seulement un phénomène de compréhension esthétique (selon Schoenberg) mais s'expliquent par des causes physiologiques dans la cochlée au moment où des sons apparaissent dans certaines bandes fréquentielles (définies à l'aide de l'échelle fondée sur les demi-tons) des régions des sons fondamentaux et leurs harmoniques. Finalement, les dissonances représentent un problème de la «Gestalt», et leur aperception dans le système dodécaphonique en est rendue plus difficile. Cet article prend en considération les résultats des recherches importantes durant les dernières décennies sur le phénomène de dissonance-consonance dans la cochlée. De plus, des études sur la perception de la dissonance-consonance dans les cultures non-occidentales et dans d'autres époques historiques ont été retenues.

Von Cornelius Schnauber

Als zwischen 1918 und 1924 die Österreicher Arnold Schönberg und J.M. Hauer die Zwölftontechnik des Komponierens entwickelten (Hauer nannte sie «Zwölftontechnik», Schönberg nannte sie «Technik der Komposition mit zwölf nur aufeinander bezogenen Tönen»), begann eine Revolution in der Musik, die in der Musikgeschichte ihresgleichen sucht. Nie zuvor hatte das theoretische Konzept eines einzelnen Komponisten so entscheidend die Struktur des Komponierens verändert wie das Programm Arnold Schönbergs. Denn es war Arnold Schönbergs wohl konstruktiv überschaubarere Reihen-

technik, die letzten Endes bahnbrechender blieb als die Tropentechnik Hauers.¹ Dennoch darf bei Schönbergs und Hauers Kompositionstechniken nicht übersehen werden, dass es hierzu musikhistorisch eine entscheidende Vorbereitung gab, die mit der polyphonen Überladung tonaler und dissonanter Akkorde in der Spätromantik, sodann mit Richard Wagners «endloser Melodie» und seiner bereits chromatisch bis zur Grenze des Möglichen getriebenen Tonalität in *Tristan und Isolde* begann und in der «freien Atonalität» zu Beginn unseres Jahrhunderts ihren Höhepunkt erreichte. Eine Atonalität, in

die dann einer ihrer Hauptvertreter, Arnold Schönberg, wieder Ordnung hineinzubringen versuchte.

Die Zwölftontechnik Schönbergs ist also Ordnung; und dennoch hat sie in den über sechzig Jahren ihres Bestehens noch keine gleichartige Popularität erlangt, wie es mit der Musik anderer «Revolutionäre» (Beethoven, Berlioz, Wagner) sechzig Jahre nach deren neuen Richtungen geschehen ist. Das vorhandene Interesse der Musikologen, Komponisten und verschiedener Musikliebhaber, zu denen sich auch der Autor dieses Artikels rechnet, an der Zwölftonmusik darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Mehrheit des Publikums ihr gegenüber noch ablehnend bleibt. Vor die Alternative gestellt, an ein und demselben Abend in ein Konzert mit Musik von Schönberg, Webern und Krenek oder in ein Konzert mit Musik von Haydn, Schubert, Tschai-kowski zu gehen, würden zweifellos die meisten Befragten das letztere Konzert vorziehen. Fragte ich nach den Gründen, so antworteten viele Laien: «Bei Schönberg und Webern gibt es zu viele Dissonanzen.» Fragte ich dagegen einen der Hauptvertreter der «zwölftönigen» Musik, Ernst Krenek, der die Zwölftontechnik Schönbergs «zwölftönig» um- und weiterentwickelt hat und massgeblich daran beteiligt war, dass diese Technik der Komposition weltweite Verbreitung fand, so war seine Antwort: «Die Hauptschwierigkeit bei der Zwölftonmusik liegt darin, dass man den Verlauf nicht vorhersagen kann. In der traditionellen Tonsprache kennt man die Regeln der Harmonie, die schon seit Jahrhunderten bekannt sind und weiss also mit einiger Sicherheit, wie der Verlauf ungefähr weitergehen muss und das produziert ein Gefühl von Sicherheit. Alles das ist in der zwölftönigen Musik nicht vorhanden und die Menschen fühlen sich unsicher.»²

In beiden Antworten liegen zugleich jene zwei Probleme, mit denen wir uns in diesem Beitrag befassen wollen: a) Was sind Dissonanzen? und b) Welche Rolle spielen Gestalt und Kontext bei der Perzeption und Apperzeption atonalen, besonders aber «zwölftöniger» Musik? Befassen wir uns zunächst mit dem Problem der Dissonanzen. Sind Dissonanzen, die ohne Zweifel in der atonalen, speziell in der Zwölftonmusik deutlich hervortreten, nur eine Sache der historischen oder kulturellen Gewohnheiten (vielleicht sogar nur eine semantische Metapher, wie es einige Musikologen gern sehen möchten), oder sind sie physiologisch bedingte «unangenehme Empfindungen», die sich gegenüber Konsonanzen auch immer als solche verhalten werden?

Sie sind, um die Antwort vorwegzunehmen, beides; was selbst ein Komponist wie Ernst Krenek, der schon über 50 Jahre «zwölftönig» (so seine eigene Bezeichnung) komponiert hat, insofern bestätigte, als für ihn die einen Akkorde (Dissonanzen) gegenüber den anderen Akkorden (Konsonanzen) nach wie vor Spannungsgeladener sind und bleiben.

Andererseits ist es gerade Krenek, der die Dissonanzen im Gestaltwert seines kreativen Schaffens auch heute noch höher einschätzt als die Konsonanzen, so dass das Entscheidende in der Musik für ihn (und für uns generell) der schöpferische Kontext bleibt, in dem Dissonanzen verwendet werden. Dennoch ist es wichtig, das physiologische Problem der Dissonanzen nicht zu leugnen; denn in diesem Problem liegt nicht nur der eine Teil der Antwort, weshalb die Zwölftonmusik immer noch auf starke Ablehnung stösst; es liegt darin auch eine Projektion für die Zukunft, die besagt, dass es selbst in zukünftigen Zeiten nicht so leicht sein wird, mit zwölftöniger Musik die Mehrheit des Publikums zu gewinnen.

Das physiologische Problem der Dissonanzen

Das Problem der Dissonanzen (Konsonanzen und Dissonanzen) hat die Physiker, Mathematiker, Komponisten und Musikologen seit Jahrtausenden beschäftigt. Greifen wir deshalb aus der Komplexität der Forschungsergebnisse und Ansichten nur einige der wesentlichsten Theorien heraus. Pythagoras, der ca. 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung anhand von Saitenschwingungen festgestellt hatte, dass das beste harmonische Verhältnis von Tönen durch die Aufteilung der Saitenlängen in einfache, ganzzahlige Verhältnisse (1:1; 1:2; 2:3; 3:4; usw.) entsteht, hatte nicht nur der späteren Entdeckung und Berechnung der harmonischen Obertöne vorgegriffen, sondern hatte auch ein Konsonanzverhältnis angesprochen, das grösste Bedeutung für die Vorgänge in unserem inneren Ohr hat. Andererseits war es das Verdienst von Aristoxenus, dieses «mathematische» Problem der Konsonanzen ca. 200 Jahre später durch die Entdeckung subjektiver, sensorischer Vorgänge zu ergänzen oder zu relativieren, was für das Verständnis des Konsonanzproblems ebenfalls wichtig ist. Ausserdem schien sich dieses Verhältnis Pythagoras-Aristoxenus zwischen 1860 und 1920 durch das Verhältnis der Ansichten zwischen Hermann von Helmholtz und Carl Stumpf zu wiederholen: Von Helmholtz erklärte die Ursache der Konsonanzen von Akkorden primär als ein mathematisch-physikalisches Verhältnis der Grund- und Obertöne zueinander (je einfacher das Zahlenverhältnis der Grundtöne zueinander ist, desto mehr Obertöne fallen dabei zusammen und desto grösser ist dadurch die Konsonanz), während Stumpf mit seiner Theorie der Tonverschmelzung eher die Subjektivität der Tonempfindungen zu ergründen suchte.³

Zwei der wichtigsten Untersuchungen der letzten Jahrzehnte zu dem Problem Konsonanz-Dissonanz sind die von R. Plomp und W.J.M. Levelt («Tonal Consonance and Critical Bandwidth», 1965) sowie die von Akio Kameoka und Mamoru Kuriyagawa («Consonance Theory Part I: Consonance of Dyads», 1969).⁴ Plomp und Levelt gingen zunächst von der 1940 von H. Fletcher be-

schriebenen «Critical Bandwidth» aus, die ungefähr folgendermassen zu erklären wäre: Jeder Ton hat eine kritische Frequenzbreite. Befindet sich ein Versuchston innerhalb eines grossen Spektrums von Nebengeräuschen und ist der Versuchston lautstärkemässig so eingestellt, dass er einmal erkennbar ist, so bleibt er bei dieser Lautstärke erkennbar, ganz gleich wie weit sich die Nebengeräusche frequenzmässig entfernen, erweitern oder nähern. Werden aber diese Nebengeräusche auf die kritische Frequenzbreite (Critical Bandwidth) reduziert und innerhalb dieser verändert, ändert sich auch die Erkennbarkeit des Versuchstones drastisch, woraus zu schliessen ist, dass die Critical Bandwidth etwas mit dem Rezeptionsvermögen unseres Ohres zu tun hat. Es ist eine Tatsache, die mir erst kürzlich in persönlichen Gesprächen von namhaften Akustikern, Chirurgen, Physiologen und Psychologen, die im Bereich der Gehörorgane und ihren Funktionen arbeiten, erneut bestätigt wurde.⁵

Plomp und Levelt kamen 1965 durch ihre ausführlichen Versuche zu dem Ergebnis, dass das Dissonanzempfinden zweier simultaner Töne am stärksten ist, wenn jeder Ton jeweils ein Viertel der ihm zugehörigen Critical Bandwidth vom anderen Ton entfernt ist und dass die Konsonanz zunimmt, je weiter sich diese Töne von der Critical Bandwidth des jeweils anderen Tones entfernen. Ohne hierbei die komplizierte Berechnung der Critical Bandwidth anzuführen, wollen wir nur einige Beispiele geben: bei einer Frequenz von 200 Hz beträgt die C.B. ca. 95 Hz, bei einer Frequenz von 400 Hz ca. 100 Hz, bei einer Frequenz von 2000 Hz ca. 320 Hz.⁶

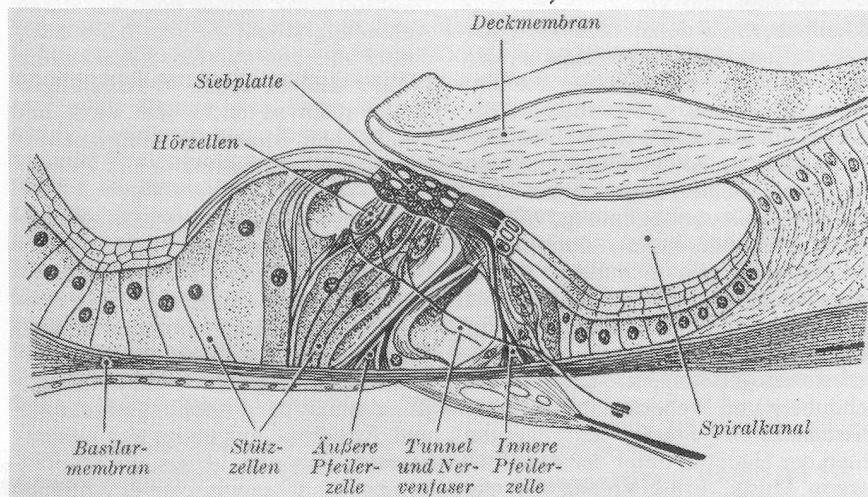
Kameoka und Kuriyagawa kamen einige Jahre später zu ähnlichen, wenn auch erweiterten Resultaten: Entfernen wir voneinander zwei obertonfreie Töne der mittleren Frequenzlage mit zunächst gleicher Frequenz als Ausgangsschwingungen (als Beispiel 440 Hz), so nimmt die Konsonanz ständig ab, bis die Dissonanz bei 10% Abstand (44 Hz; 440 : 484 Hz) am grössten ist. Danach nimmt die Konsonanz wieder zu, bis bei der Oktavenentfernung (440 : 880 Hz) die Konsonanz nahezu wieder perfekt ist. Das Ganze kann logarithmisch als V-Kurve aufgezeigt werden. Beide Resultate, die von Plomp und Levelt als auch die von Kameoka und Kuriyagawa haben zweifellos die Frage nach der Lokalisierung von Dissonanzen experimentell entschieden vorangetrieben, könnten aber für den Laien vereinfacht und sogar ergänzt werden.

Vereinfachte Lokalisierung von Dissonanzen

Sowohl die Ergebnisse von Plomp und Levelt als auch die von Kameoka und Kuriyagawa weisen darauf hin, dass Dissonanzen entstehen, wenn die Frequenzen zweier Simultantöne (f_1 und f_2) eine gewisse Nähe erreichen, so dass die Schwebungen (beats) zwischen diesen beiden Tönen sehr gering sind: bei Plomp und Levelt ein Viertel der Criti-

cal Bandwidth, bei Kameoka und Kuriyagawa 10% von f_1 . Dass es sich dabei bei Kameokas und Kuriyagawas ersten Versuchen zunächst um Frequenzen ober-tonfreier Grundtöne handelte, ist wichtig, da wir erst einmal generell den Dissonanzfaktor eng aneinanderliegender Frequenzen darlegen wollen. Denn es handelt sich dabei um einen Dissonanzfaktor, der physiologisch bestimmt ist: treffen die Frequenzen zweier Schallquellen (Töne) sehr eng aufeinander,

Das Problem liegt bei den Obertönen. Es war schon von Helmholtz, der erkannte, dass bei grosser Nähe der Obertöne in einem Akkord dissonante Effekte entstehen und dass diese besonders stark sind, wenn sich der erste Oberton des tieferen Grundtones mit dem höheren Grundton um nur eine kleine Sekunde entfernen, wie es beim Septimenakkord geschieht. Das ergibt dann einen fast so starken Effekt wie die kleine Sekunde in den Grundtönen



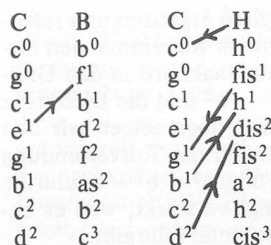
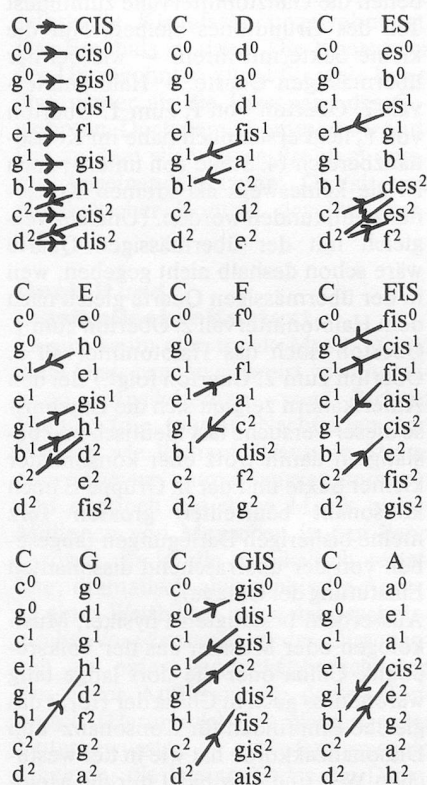
Teil der Cochlea (Schnecke) des Innenohres, der jene Hörorgane enthält, die im vorliegenden Beitrag eine Rolle spielen

so werden die Schwebungen noch als angenehm empfunden (Vibrato) und verstärken sich in dem ihnen zugeordneten Reizbereich der Cochlea (Hörzellen, Basilar-membran); treten die Frequenzen auseinander, so stören sie sich gegenseitig, rufen Kollisionen hervor, indem sie «um denselben Platz ringen», da für naheliegende Frequenzen dieselben Reizstellen zuständig sind bzw. nicht differenziert genug reagieren. Dadurch entstehen Überlappungen und Verzerrungen, die einen Dissonanzeffekt hervorrufen. Denn erst nachdem sich die Frequenzen der beiden Schallquellen wieder genügend voneinander entfernt haben, tritt wieder Beruhigung ein. Jede Frequenz findet ihren eigenen Bereich und die Schwingungen verlaufen fast «harmonisch linear».⁷ Dennoch ist damit nicht erklärt, weshalb zum Beispiel in einem Zweierakkord die grosse und kleine Septime oder der Tritonus (übermässige Quarte, bzw. verminderte Quinte) als starke Dissonanzen gelten und bei allen befragten Hörern auch so empfunden wurden, obwohl sie doch in allen Tonlagen weit über den 10% Schwebungen des unteren Tones f_1 liegen. Die grosse Septime liegt sogar dicht bei der Oktave und müsste somit nach Kameokas und Kuriyagawas obertonlosen Versuchen sehr konsonant sein. Ausserdem befinden sich Septime und übermässige Quarte als Akkord ausserhalb der Critical Bandwidth und dürften somit selbst nach den Versuchen von Plomp und Levelt, würden diese sich nur auf obertonfreie Zweierakkorde beziehen, nicht jenen Dissonanzgrad haben, der ihnen gehörmässig immer wieder zugeschrieben wird.

Und es waren auch Kameoka und Kuriyagawa sowie Plomp, die in fortgesetzten Versuchen und Untersuchungen zu einem ähnlich beschriebenen Obertonproblem gelangten.⁸ Gehen wir aber noch einen Schritt weiter. Zieht man alle bisherigen Experimente und Untersuchungen in Betracht, so sind es jedesmal Schwebungen, die etwa ein musikalisches Halbtonintervall ausmachen, die physiologisch zu «Störungen» in der Cochlea führen. Und diese Halbtonintervalle liegen sowohl im 10%-Intervallabstand von f_1 zu f_2 als auch in einem Viertel der jeweiligen Critical Bandwidth, nur werden sie in einer gewissen Tiefe, wo dieses Halbtonintervall weniger als 6 Schwebungen ausmacht, nicht mehr als Dissonanzen empfunden. (Wie die Forschungen ergeben haben, rufen Schwebungen unter 8 Hz kaum noch und unter 5 Hz gar keine «Störungen» mehr in der Cochlea hervor.) Nehmen wir hierzu zwei Beispiele und benutzen dazu die heute (und besonders in der zwölftönigen Musik) gültige gleichschwebend temperierte Stimmung, wobei wir davon ausgehen dürfen, dass die Abweichungen zwischen den physikalischen (also tatsächlichen) Obertonverhältnissen und den in der temperierten Stimmung (mit der Berücksichtigung des pythagoreischen Kommas und der Aufteilung einer Oktave in 12 gleiche Intervalle mit dem Wert $\sqrt[12]{2} = 1,0594$) nur in den höheren Obertönen eine numerische Rolle spielen, dort aber intensitätsmässig kaum noch von grösserer Wirkung sind.⁹ Unsere Beispiele sind ein kleiner Sekunden- sowie ein grosser Septimen-

akkord der mittleren Lage: $c^2 - cis^2$ sowie $c^2 - h^2$. Beim ersten Beispiel ergeben die Frequenzen f_1 523,2 Hz zu f_2 554,2 Hz die Schwebungsfrequenz 31 Hz und damit 6% von f_1 , und beim zweiten Beispiel sind zwar die Grundtöne weit voneinander entfernt, doch ergibt der Intervallabstand vom ersten Oberton des Grundtones f_1 1046 Hz (c^3) zum zweiten Grundton f_2 987,8 Hz wiederum nur eine Schwebung von 58,2 Hz, was aufgerundet ebenfalls 6% ergibt (6% der Frequenz von h^2). Somit liegen beide Beispiele nach den Untersuchungen von Kameoka und Kuriyagawa durchaus im Dissonanzbereich und würden auch von von Helmholtz in einen starken Dissonanzeffekt der Schwebungen eingeordnet werden.¹⁰ Ausserdem bewegen sich beide Beispiele innerhalb der jeweiligen Critical Bandwidth, die für c^2 und cis^2 bei jeweils ungefähr 120 Hz sowie für h^2 und c^3 bei jeweils etwas unter 200 Hz liegt. Und damit trifft der jeweils obere Ton den jeweils tieferen Ton knapp über dem Bereich von einem Viertel der Critical Bandwidth (s. Plomp-Levelt; ein Viertel von 120 = 30; ein Viertel von 190 = 47,5).

Kommen wir deshalb zu einer Gesamtübersicht des Dissonanzproblems, indem wir auf den gleichbleibenden Grundton C nacheinander die gesamte Skala der Zwölftonspanne aufbauen und jeweils bis zum 8. Oberton gehen. (Obertöne, die darüberliegen, haben für das Konsonanz / Dissonanz-Empfinden des durchschnittlichen Konzertbesuchers, mit dem wir uns hier befassen, kaum noch Bedeutung, weil sie intensitätsmässig zu schwach sind.) Anhand der Halbtonintervalle, gekennzeichnet durch Pfeilverbindungen, werden wir ersehen können, ob und wie sich das aufgestellte Schema mit unserer gewohnten Vorstellung von Konsonanz und Dissonanz deckt.



Betrachten wir jetzt die aufgestellte Zwölftonskala mit jeweils C als Grundton f_1 , so ergeben sich als schärfste Dissonanzen die kleine Sekunde mit ausschliesslich Halbtonintervallen auch in den Obertönen, dann die grosse Septime mit einem Halbtonintervall zwischen dem ersten Oberton von f_1 zum Grundton f_2 sowie die übermässige Quarte (bzw. verminderte Quinte) mit Halbtonintervallen vom 2. und 3. Oberton f_1 zum 1. und 2. Oberton f_2 . Danach erst kommt die übermässige Quinte (bzw. kleine Sexte) mit einem Halbtonintervall vom 2. Oberton f_1 zum 1. Oberton f_2 . Alle diese Zweierakkorde werden heute oder wurden in der Geschichte, sofern sie musikalisch überhaupt benutzt wurden, als Dissonanzen angesehen und dies sogar weitgehend in der oben angeführten Reihenfolge. Bei den übrigen Akkorden: Quarte, grosse Sexte, grosse und kleine Terz, hat sich das Bild in der Geschichte gewandelt (die grosse Sexte z.B. galt im 13. Jh. eher als Dissonanz, bei von Helmholtz als mittlere Konsonanz und gilt heute eher als Konsonanz). In diesen Akkorden gibt es zwar auch noch Halbtonintervalle, doch existieren sie obertonmässig erst ab 3. und 2. Oberton von f_1 zu f_2 (z.B. die grosse Terz) oder liegen noch darüber. Und dort, wo es erst ab 10. Oberton zu Frequenzannäherungen ungefährender Halbtonintervalle kommt, gemeint ist die Oktave, wurde schon immer von Konsonanz gesprochen.

Bleibt also noch die Frage nach der grossen Sekunde mit dem ersten Halbtonintervall vom 5. zum 4. Oberton der beiden Akkordtöne oder die Frage nach der kleinen Septime mit ihrer ebenfalls höheren Halbtonintervallage; denn beide Akkorde werden schon seit Jahrhunderten als Dissonanz empfunden. Die Antwort liegt bei Plomp und Levelt. Diese Intervalle befinden sich entweder mit ihren beiden Grundtönen (Sekunde) oder dem ersten Oberton des Grundtones f_1 zum Grundton f_2 (kleine Septime) ebenfalls noch im engeren Bereich der Critical Bandwidth (ungefähr bei $\frac{1}{2}$ der C.B.) und rufen somit eine dissonante Wirkung hervor. Es ist eine Wirkung, die sogar stärker sein kann als Halbtonintervalle, sofern sich diese bereits einige Obertonschritte vom Grundtonbereich entfernt haben (wie z.B. bei der übermässigen Quarte) und dort intensitätsmässig wesentlich schwächer sind als die Ganztonintervalle im Grundtonbereich. (Allerdings kann man bei bestimmten Instrumenten wiederum bestimmte Obertöne amplitudenmässig künstlich verstärken und dadurch gäbe es bezogen auf die obige Feststellung eine ergänzende Situation,

die wir hier nicht weiter erörtern können.)

Zusammenfassend können wir demnach sagen: physiologisch bedingte Dissonanzen entstehen immer dort, wo es Halbtonintervalle in den Grund- und gleich darüberliegenden Obertonverbindungen gibt, wobei die Dissonanz am stärksten ist, wenn das Halbtonintervall in den beiden Grundtönen selbst liegt oder sich der eine Grundton mit dem 1. Oberton des anderen Grundtones im Halbtonintervall verbindet. Ganztonintervalle sind erst dann dissonant, wenn sie sich selbst mit dem Grundtonbereich verbinden, weil dort zu ihrer grösseren Frequenzbreite – Schwebungen, die nach Plomp und Levelt oder nach von Helmholtz bereits das Dissonanzmaximum überschritten haben – die grössere Intensität der Lautstärke (Amplitudenstärke) hinzutritt. Befinden sich die Ganztonintervalle dagegen nur noch im Obertonbereich, so rufen sie nur sehr geringe Dissonanzempfindungen (wie bei der grossen Sexte zweiter Oberton zu erstem Oberton) oder gar keine Dissonanz (wie bei der Quinte dritter Oberton zu zweitem Oberton) hervor. (Nur nach Kameokas und Kuriyagawas ersten Versuchen müsste das Ganztonintervall eine stärkere Dissonanz als das Halbtonintervall – 12% statt 6% Schwebungen zu f_1 – hervorrufen. Doch dass dem nicht so ist, beweisen nicht nur Plomp und Levelt sowie von Helmholtz, dessen Dissonanzmaximum der Schwebungen in allen Tonlagen in der Nähe des Halbtonintervalles liegt (s. ebenfalls Anm. 10), dies ergibt sich auch aus dem Urteil der von mir befragten Hörer. Ausserdem müsste sodann die Quinte mit dem 3. Oberton c^1 zum 2. Oberton d^1 im C-G-Akkord dissonant sein, was seit dem Mittelalter bestritten wird. Nur im frühen Mittelalter, bei Johannes de Garlandia, galt die Quinte schlimmstenfalls als nur «mittelmässige» Konsonanz, niemals aber als Dissonanz.)

Die Formel des für das Dissonanzverständnis entscheidenden Halbtonintervalles bei der temperierten Stimmung ist die der temperierten Stimmung selbst: $\frac{f_2}{f_1} = 1,0594$

Das kulturelle Problem der Dissonanzen

Mit den bisher ausführlich beschriebenen physiologischen Problemen der Dissonanzen ist aber noch keineswegs das kulturelle Problem gelöst. Ausserdem haben wir unsere Darlegungen mit Zweierakkorden und unter der vorgestellten Voraussetzung weitgehend gleichbleibender Lautstärkeintensität vorgenommen. Es sind aber gerade die mehrstimmigen (polyphonen) Akkorde, dann die Dynamik, der Rhythmus, die Tempi sowie die Klangfarben, die der Musik, wie wir sie kennen, nicht nur Gestalt geben, sondern ebenfalls ihre physiologische Wirkung haben und damit das bisher Gesagte nicht nur künstlerisch, sondern

auch physiologisch ergänzen und relativieren. (Setzen wir nur einmal den dissonanten Septimenakkord in den Dreiklang $c^1 - g^1 - h^1$ und die Dissonanz klingt gemildert; doch setzen wir den Septimenakkord in die Tonverbindung $c^1 - cis^1 - h^1$ oder $c^1 - b^1 - h^1$ und die Dissonanz klingt verstärkt, weil es zusätzliche Halbtonintervalle gibt.)

Ausserdem haben wir nicht einmal das Problem der Obertöne der Obertöne sowie der subjektiven Obertöne im gesamten Hörprozess angesprochen. Dennoch bleiben die bisherigen Feststellungen wichtig und Grundlage unserer weiteren Überlegungen. Dabei war es nicht zuletzt Heinrich Husmann, der uns vor über 30 Jahren einen weiteren Beweis lieferte, dass das Problem der Dissonanzen zunächst ein physiologisches und nicht kulturelles Problem ist.¹¹ Es lohnt sich, die Versuche von Husmann noch einmal kurz zu skizzieren.

Husmann gab zunächst einer Reihe von Versuchspersonen die uns bekannten Zweierakkorde der Zwölftonskala, und die Versuchspersonen empfanden Konsonanzen und Dissonanzen im traditionellen Sinne. Danach trennte er das Hörverfahren beider Ohren binaural, gab dabei dem einen Ohr einen gleichbleibenden Sinuston c und spielte dem anderen Ohr die Tonskala wiederum reiner (also obertonfreier) Sinustöne vor und die Versuchspersonen registrierten die vorher als Dissonanzen erkannten Akkorde wie die grosse Sekunde, verminderte Quinte oder kleine Septime nicht mehr als Dissonanzen. Doch daraus dürfte meines Erachtens geschlossen werden, dass die erwähnten Dissonanzakkorde nur im Ohr (und damit physiologisch) als Dissonanzen existieren, nicht aber im Gehirn, wo der kulturelle Lern- und Gewöhnungsprozess lokalisiert ist. Denn im Gehirn kommen die Hörnerven beider Ohren wieder zusammen, so dass der binaurale Dissonanzakkord wieder «zusammenklingt», weshalb er bei einer rein kulturellen Gewöhnungsempfindung auch als Dissonanz erkannt worden wäre. (Und die Tatsache, dass in Husmanns Versuchen binaural allein die grosse Septime und die kleine Sekunde «zentral», also im Gehirn, als Dissonanzen erkannt wurden, hat wahrscheinlich etwas mit den von Husmann in seiner «Koinzidenztheorie der Konsonanz» definierten subjektiven Obertönen zu tun, die ebenfalls physikalisch existent sind und im Halbtonintervall des Grundtonbereiches wohl stark genug hervortreten, um sogar «zentral» ein Dissonanzserlebnis zu bewirken, ohne dass vorher die Dissonanz «peripher», also im einzelnen Ohr, gebildet werden musste. Eine neurologisch fundierte Erklärung hierzu fehlt meines Wissens aber dennoch.)

Ausserdem haben Untersuchungen mit Hörern anderer Kulturen oder Gespräche mit Experten aussereuropäischer Musik, die ich mehrfach führte, ergeben, dass trotz Verschiedenartigkeit der jeweils eigenen Musik in bezug auf Melodie und Instrumentenstim-

mung, das Konsonanz- und Dissonanzserlebnis unseren westlichen Empfindungen gleichkommt.¹² So haben Janet Wydom Butler und Paul G. Daston 1968 eine Studie veröffentlicht¹³, in der sie Amerikanern und Japanern getrennt die Zweierakkorde unserer Zwölftonskala vorgeführt haben und nahezu völlige Übereinstimmung sowohl zwischen Amerikanern und Japanern als auch zwischen musikalisch Begabten (Personen, die musikalische Intervalle identifizieren oder unterscheiden konnten) und musikalisch Ungeübten (Personen, die Intervalle nicht zu identifizieren oder unterscheiden vermochten) herausfinden konnten. Getestet wurden über 50 Amerikaner und über 300 Japaner. Betrachten wir aber nur das Ergebnis jener beiden Gruppen von Japanern: a) musikalisch Ungeübte und ohne Vorliebe für westliche Musik (im Versuch Gruppe F) sowie b) musikalisch Begabte, aber mit eindeutiger Vorliebe für japanische, statt westliche Musik (im Versuch Gruppe E). Das Ergebnis in der Rangordnung der Dissonanzen war dann folgendermassen (grösste Dissonanz am Anfang, geringste Dissonanz am Ende): Gruppe E: grosse Septime, kleine Sekunde, kleine Septime, übermässige Quarte (bzw. verminderte Quinte), grosse Sekunde, grosse Sexte, kleine Terz, Oktave, kleine Sexte, Quinte, Quarte, grosse Terz. Gruppe F: kleine Sekunde, grosse Septime, übermässige Quarte (bzw. verminderte Quinte), grosse Sekunde, kleine Septime, kleine Terz, grosse Sexte, grosse Terz, kleine Sexte, Oktave, Quarte, Quinte.

Die in beiden Gruppen als stärkste Dissonanzen identifizierten Akkorde waren demnach diejenigen Akkorde, in denen die Halbtonintervalle im oder nahe am Grundtonbereich liegen (letzteres bezogen auf die Obertöne) oder in denen die Ganztonintervalle zumindest Teil des Grundtones bleiben. Nur die kleine Sexte mit ihrem — wie bei der übermässigen Quarte — Halbtonintervall 2. Oberton von f_1 zum 1. Oberton von f_2 liegt erstaunlich nahe im Konsonanzbereich (4. Stelle von unten); doch ist sie keineswegs als «reine» Konsonanz empfunden worden. (Und ein Vergleich mit der übermässigen Quarte wäre schon deshalb nicht gegeben, weil in der übermässigen Quarte gleich nach dem Halbtonintervall 2. Oberton zum 1. Oberton noch das Halbtonintervall 3. Oberton zum 2. Oberton folgt.) Bei den Amerikanern zeigten sich die Ergebnisse dieser Versuche fast identisch und bestätigten damit trotz eher konsonanter kleiner Sexte und der in Gruppe E hoch konsonant beurteilten grossen Terz meine bisherigen Darlegungen (abgesehen von der überraschend dissonanten Einstufung der Oktave).

Ausserdem bestätigten Physiker, Musikologen oder Musiker aus der Volksrepublik China oder die dort lange tätig waren, dass auch in China der Hörer das gleiche Empfinden für Konsonanz- und Dissonanzakkorde hat wie in der westlichen Welt und dass nicht nur die Melo-

dik der Gesänge sehr konsonant orientiert ist, sondern auch Krankenhäuser existieren, in denen man mit konsonanter (harmonischer) Musik Krankheiten zu heilen versucht. Statt Drogen benutzt man Musik.¹⁴

Dennoch scheint es eine Ausnahme zu diesem «internationalen Phänomen der Konsonanzbevorzugung» (so im Gespräch mit Yu-An Rao) in der Musik Balis zu geben, wo Instrumente so gestimmt werden, dass sie in den Frequenzbereichen geringfügig voneinander abweichen und somit für die Balinesen ein angenehmes Schwingungsempfinden erzeugen. Es sind aber Abweichungen, die in ihrer Frequenzbreite so gering sind, dass sie mit diesen Schwebungen noch unter der Störungs- oder Dissonanzgrenze liegen, bzw. diese Grenze nur leicht berühren und somit auch für uns einen angenehm-faszinierenden, wenn auch exotischen Klang hervorrufen.¹⁵

Dennoch klingt japanische, chinesische, indische oder balinesische Musik für den westlichen Laien oft «dissonanzvoller» als die ihnen gewohnte spätromantische Musik Wagners, Brahms' oder Mahlers, auch wenn das Gegenteil in Dissonanzanteil der Fall ist. Denn schon allein die Tatsache, dass die aussereuropäische Musik bei aller Heterophonie wesentlich homophoner ist als die unsrige, lässt weniger Dissonanzakkorde entstehen als wir sie selbst bei Bach, Beethoven und Schumann finden; von Wagner, Brahms, Bruckner und Mahler ganz zu schweigen. Dieses Täuschungsphänomen hängt eindeutig damit zusammen, dass in der aussereuropäischen Musik die Melodieführung oft völlig anders ist, dazu Mitteltöne verwendet werden, die wir in unserer Zwölftonskala oder Oktav-Tonalität nicht kennen und dass auch die Instrumente obertonmässig oft anders gestimmt und gebaut werden, so dass selbst die Klangfarbe ungewohnt ist. Das Ergebnis ist dann: Die Konsonanz des Ungewohnten klingt für viele Laien dissonanter als die Dissonanz des Gewohnten. Doch damit kommen wir endlich zu dem wichtigsten Problem unserer Auseinandersetzung: Gestalt und musikalischer Kontext der Dissonanzen.

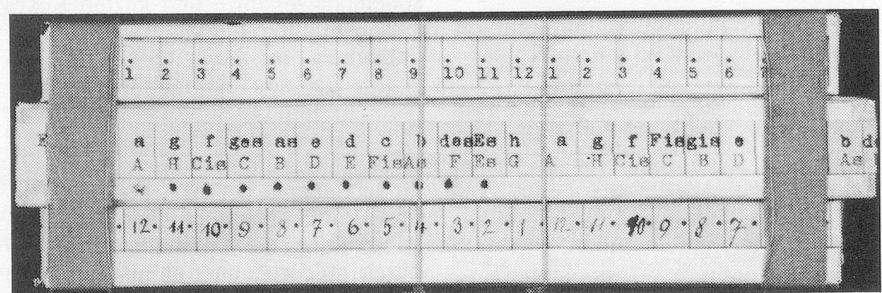
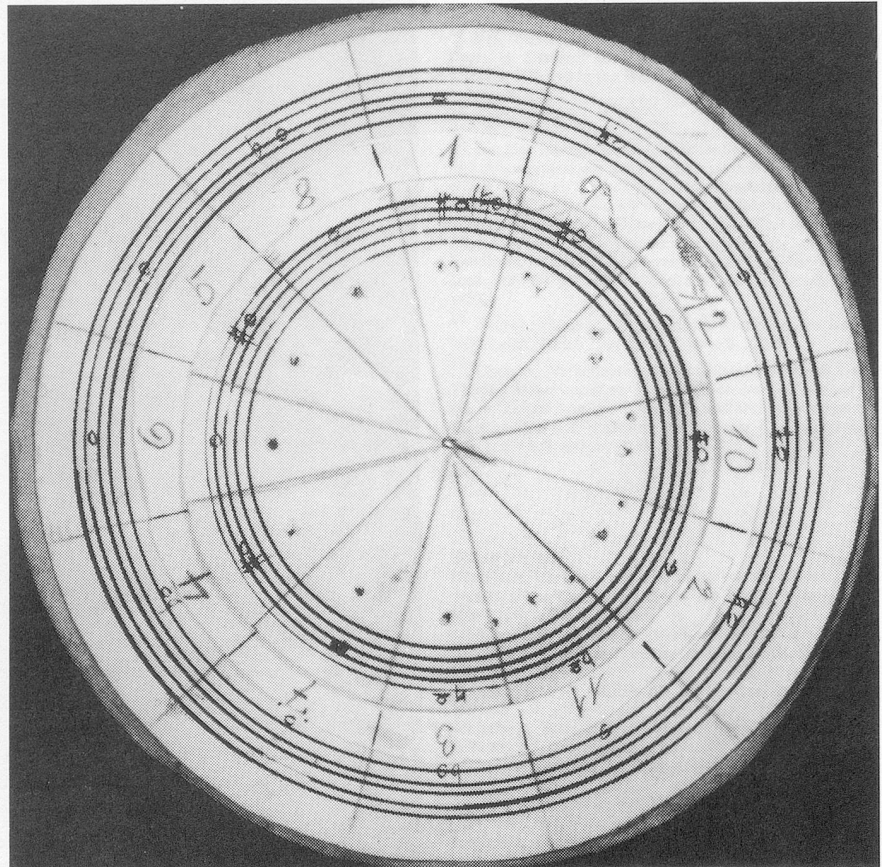
Gestalt und musikalischer Kontext

Es gibt kaum eine tonale Musik, die so viele Dissonanzen aufweist wie die späteren Musikdramen von Richard Wagner (die tonalen Nachfahren von Wagner, wie Richard Strauss in *Elektra* oder *Salome* einmal ausgenommen); und dennoch hat diese Musik bisher Millionen von Menschen in den Bann gezogen. Es ist die musikalisch gestaltete, dramatisch-philosophische Aussage eines Weltbildes, dann das psychologische Vorwärtsdrängen der Dissonanzen zu einer geschickt berechneten Phase der Auflösung, in dessen Tonrausch (Harmonik) sich Vorgänge des Unterbewussten wiederzuspiegeln scheinen, die letzten Endes die Disso-

nanzen und ihre Chromatik vergessen lassen. (Und selbst im Jazz, in dem Dissonanzen, besonders die Septime, eine grosse Rolle spielen, «vergisst» man diese Dissonanz, wegen der Vordergrundigkeit der Rhythmik sowie durch das nachvollziehbare Vergnügen an der Improvisation. Die Dissonanz wird zerspielt, auch wenn sie immer wiederkehrt.)

Anders ist es dagegen mit der zwölftönigen Musik Schönbergs und seiner Nachfolger. Schon das Aufstellen bestimmter Zwölftonreihen im Vorhinein, nach denen eine Komposition strukturiert wird und wo in jeder einzelnen Reihe jeder einzelne der zwölf gleichberechtig-

lichkeiten von Grundreihe und Abwandlungen nicht nur zu einem Dominieren der Dissonanzen; auch der Verlauf der Komposition selbst ist für den Hörer unvorausehbar, und dies nach Kreneks Meinung oft für den Komponisten selbst. («Der Komponist der atonalen Musik im allgemeinen kann den Verlauf und die Zusammenklänge weniger klar voraussehen als der Komponist der früheren Musik.»¹⁶) So sehr auch Schönberg und Webern immer wieder betonten, dass das zwölftönige System Musik der Intuition enthält und so expressiv selbst das Musterwerk Schönbergscher Zwölftontechnik, sein 4. Streichquartett, auch ist, für den Zuhö-



Zwei verschiebbare (rechenschieberähnliche) Pappschablonen Arnold Schönbergs zum Komponieren der Zwölftonreihen im Quintett op. 26
(Copyright Arnold Schoenberg Institute Los Angeles)

ten Bezugstöne nur einmal vorkommen sollte und dazu noch an den einmal festgelegten Platz in der Tonfolge eins bis zwölf gebunden wird, sowie das beliebige Transponieren einer Reihe in verschiedene Höhen, wozu noch die Möglichkeit der Umkehrungen, dann der sogenannten Krebsgestalt und ihrer Umkehrungen plus der vertikalen Verdichtung der Reihen zu geballten Akkorden kommt, führt trotz im ganzen 48 Mö-

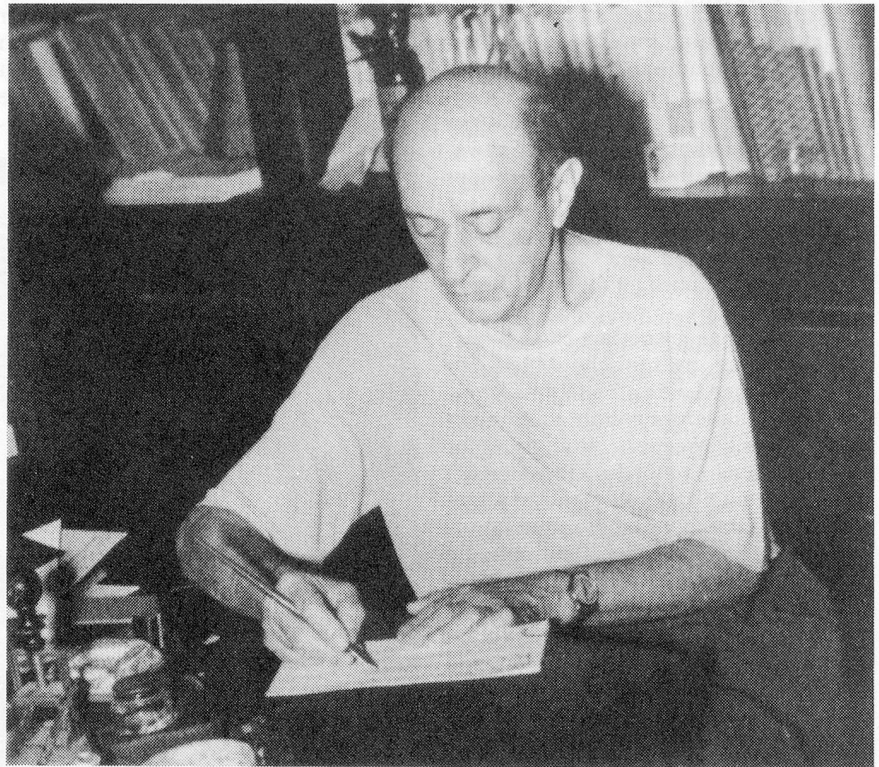
rer führt es in kein gefühlsmässig ersehntes Zuhause.

Während z. B. Paul Hindemith die Dissonanzen durch seine Preisgabe des Dur-Moll-Systems nur ungewohnt «hinauszieht», dann aber doch tonale Akkorde oder Zentren beibehält und sogar oft seine Sätze tonal endet, so vermeidet Schönberg nicht nur jede Tonalität, er gibt auch keine harmonisch erkennbaren Kadenzen, sondern treibt

seine Tonführungen und Akkorde dynamisch, rhythmisch und damit für viele Hörer «endlos» weiter. Während ausserdem Strauss in seinen dissonantesten Werken *Elektra* und *Salome* die Dissonanzen zwar wuchtig aufbaut und sie am Ende dann doch wieder tonal und erwartungsgemäss aus dem überladenen Klangrausch ins Gewohnte zurückführt, versuchte Schönberg die Dissonanzen mit Absicht zu verselbständigen, wenn

langt, um Geborgenheit zu erleben), und umgekehrt erzeugt der unbekannte Reihenverlauf bei Schönberg, Webern, Krenek zu viele Dissonanzen, die schon physiologisch «unangenehm» erscheinen.

Es blieb demnach Schönberg auch nichts anderes übrig, als sich mit seiner Musik an eine zukünftige Menschheit zu wenden. «Die Gesetze der Natur des genialen Menschen aber sind die Ge-



Arnold Schönberg im Arbeitszimmer seines Wohnhauses in Brentwood, Los Angeles
(Copyright Arnold Schoenberg Institute)

auch in einem System von konstruktiven Regeln und Strukturen. Dennoch war es Schönberg, der in Strauss, dessen Musik er durchaus schätzte, den eigentlichen Revolutionär sah, da dieser die Tonalität nur destruktiv aufbrach, episodenhaft zerstörte und letzten Endes dissonant verschleierte, während er, Schönberg, im Sinne der abendländischen Tradition ein neues, konstruktives System entwickelte und somit zum Bewahrer der Tradition wurde.¹⁷ Doch ist es dann wiederum jener Schüler Schönbergs, der bis heute den grössten Publikumserfolg hat, nämlich Alban Berg, der Dissonanzen z.B. dadurch milderte, dass er die Elemente der Zwölftonreihe weit voneinander trennte, so dass etwa statt der Septime $c^1 - h^1$ die wesentlich schwächere Septime $c^1 - h^3$ erscheint.

Es sind also weder die Dissonanzen noch die Zwölftontechnik jeweils allein, die zur bisher noch relativ geringen Popularität der zwölftönigen Musik führten, es ist die gestalthafte Kombination beider. Die Dissonanzen sind in ihrem zwölftönigen Reihenverlauf nicht durchschaubar, folgen also keinen Erwartungen, mit denen sich das Publikum identifizieren kann (und Identifikation ist letzten Endes, was die Mehrheit des Publikums von der Kunst ver-

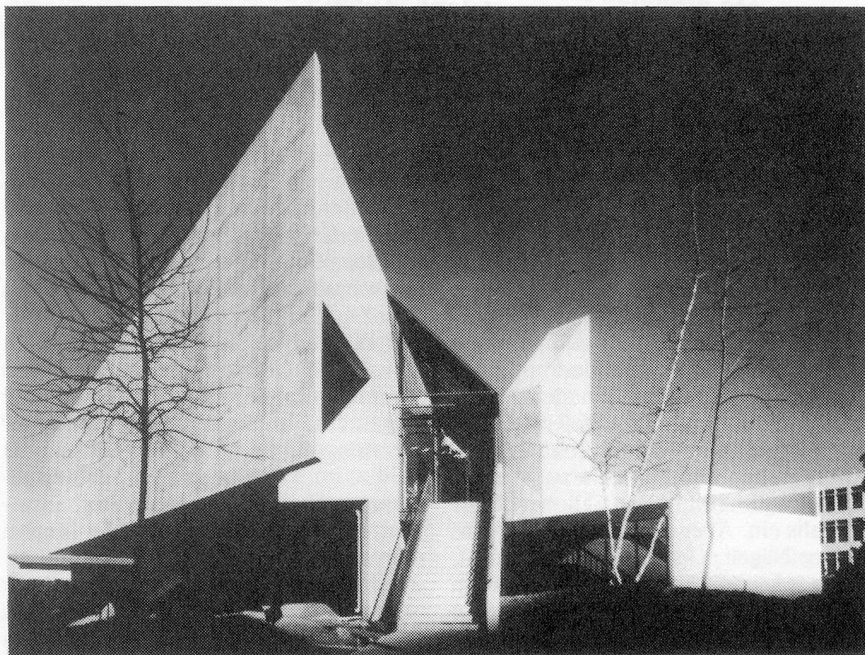
setze der zukünftigen Menschheit. Die Auflehnung der Mediokren gegen sie ist genügend erklärt durch den Umstand, dass diese Gesetze gut sind.»¹⁸ Für die gegenwärtige Menschheit bedeutet die zwölftönige Musik dagegen noch eine zu grosse zerebrale Anstrengung. Man ist gezwungen, das Unerwartete und (physiologisch «Unangenehme») zunächst intellektuell durchschauen zu müssen, und erst wer dies vermag oder eine starke Neugier entwickelt, kann auch die in der Zwölftontechnik vorhandenen Dissonanzen kulturell überwinden, indem er sie zu begreifen und dann später gestaltmässig einzuordnen beginnt.

Dabei mag es für Schönberg bezeichnend gewesen sein, dass er sich 1947 in seinem Disput mit Thomas Mann, als dieser in seinem neuerschienenen Roman *Doktor Faustus* im 22. Kapitel den an Syphilis erkrankten Adrian Leverkühn im Anfall von Nervenanspannung und Migräne das zerebrale System der Zwölftonmusik entwickeln liess, sich nicht gegen die Beziehung dieser Musik zum Zerebralen verwahrte, sondern nur dagegen auftrat, dass sich Thomas Mann dieses System statt von ihm selbst von dem damals ebenfalls in Los Angeles lebenden Philosophen und Musikologen Theodor W. Adorno hatte

erklären lassen und dazu noch die Zwölftonmusik mit der Syphilis verband. Denn war für Thomas Mann eine übersteigerte, zerebrale Kunstempfängnis und Nervenverfeinerung stets mit einer dekaden- und neurotischen Entwicklung verbunden (beim Einzelkünstler, wozu er sich hätte selbst zählen müssen, wie bei einem ganzen Volk), wobei er damit auf Figuren der deutschen Literatur wie Mignon, Tasso (Goethe) oder Berglinger (Wackenroder) und Antonia (E.T.A. Hoffmann) zurückgreifen konnte, sah Schönberg in den zerebralen Konstruktionen gerade den Durchbruch in eine geordnete Zukunft. Die verselbständigten Dissonanzen gehörten zu dieser Ordnung. Gefühl und Intuition haben dabei durchaus ihre Berechtigung. Doch: «Das Herz muss innerhalb der Domäne des Kopfes liegen!» Das Publikum muss sich danach richten.¹⁹

Cornelius Schnauber

Dieser Aufsatz wird im Herbst 1987 auch in der Geburtstagsfestschrift für Hans-Heinrich Wängler der *Beiträge für Phonetik und Linguistik* des Helmut Buske Verlages, Hamburg, erscheinen.



Arnold Schoenberg Institute der University of Southern California, wo der Autor dieses Beitrages, Cornelius Schnauber, Leiter des Instituts für deutsche Studien und Beirat im Schoenberg Institute ist (Copyright Arnold Schoenberg Institute)

¹ Zur näheren Erklärung der Tropen- oder Reihentechnik Hauers oder Schönbergs muss auf einschlägige Literatur oder Musiklexika verwiesen werden. Hier, in diesem Beitrag, kann nur soviel erwähnt werden, wie es für das Dissonanz-Verständnis notwendig ist. Genauere Erklärungen würden den Rahmen des räumlich Erlaubten sprengen.

² In den Zitaten Kreneks berufe ich mich auf einige ausführliche Gespräche, die ich über die Jahre mit dem Komponisten führte. Besonders berufe ich mich dabei auf mein Gespräch mit ihm am 6. Mai 1985 in seinem Haus in Palm Springs. Es könnte aber auch eine Reihe von Aufsätzen von ihm herangezogen werden.

³ Hermann von Helmholtz: Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. (Die von mir benutzte Auflage ist die 5. Auflage, Braunschweig 1986.) Bei Carl Stumpf handelt es sich dagegen um mehrere Aufsätze zu Konsonanz, Dissonanz und Tonverschmelzung sowie um sein Hauptwerk «Tonpsychologie».

⁴ R. Plomp and W.J.M. Levelt: Tonal Consonance and Critical Bandwidth. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 38 (1965), S. 548. Akio Kameoka and Mamoru Kuriyagawa: Consonance Theory Part I: Consonance of Dyads. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 45 (1969), S. 1451.

⁵ Es waren folgende Gesprächspartner, die mir Einblicke in die neuesten Erkenntnisse zu Perzeptionsvorgängen des Gehörprozesses gegeben haben: David Strelifoff, Director of Head and Neck Surgery, University of California, Los Angeles (UCLA), Donald D. Dirks, Department of Head and Neck Surgery (Audiology), UCLA, Edward Carterette, Department of Psychology, UCLA, Samuel Gilman, Department of Head and Neck Surgery, UCLA, Yu-An Rao, Institute of Physiology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, Theodore S. Bell, Doktorant, Department of Head and Neck Surgery, UCLA.

⁶ Ich richte mich hier nach der von E. Zwicker, G. Flottorp und S.S. Stevens im Journal of the Acoustical Society of America (Vol. 29) veröffentlichten Critical Bandwidth-Kurve aus dem Jahre 1957, die auch in anderen Beiträgen ständig übernommen wird und auch von Plomp und Levelt verwendet wurde. Allerdings ist hierbei zu bemerken, dass diese Kurve in allen Frequenzbereichen unter 250 Hz eine Critical Bandwidth zwischen 90 bis 95 Hz zeigt, wonach die Dissonanzbereiche (ein Viertel der C.B. als Maximum, doch auch noch gemildert über dieses Zentrum hinausgehend) über mehrere Intervalle reichen. Dies mag dann der Grund dafür sein, dass in den tieferen Lagen (im C-Bereich) auch die Terzen, Quinten und Sexten mit ihren geringen Frequenzabständen «rauh» klingen.

⁷ Ich berufe mich hierbei ausser auf einschlägige Literatur wiederum auf die in Anm. 5 erwähnten Experten, denen ich sehr zu Dank verpflichtet bin. Vgl. auch Handbook of Perception, Volume IV, Hearing. Hrsg. von Edward C. Carterette und Morton P. Friedman, New York 1978.

⁸ H. von Helmholtz, s. Anm. 3, besonders S. 299 ff. A. Kameoka und M. Kuriyagawa: Consonance Theory Part II: Consonance of Complex Tones and Its Calculation Method. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 45 (1969), S. 1460. Reinier Plomp: Aspects of Tone Sensation. A Psychophysical Study. New York 1976.

Hörer wiederum stören sich vor allem bei Klavierkonzerten an der Unreinheit zwischen den natürlichen Obertönen z.B. der Kontrabässe und den «wohltemperierten» Tastentönen des Klaviers, wenn diese sich mit den Obertönen der anderen Instrumente «unrein» treffen.

¹⁰ Zu den nach von Helmholtz stärksten Dissonanzschwebungen vgl. At.m. 3, S. 658. (Schwebungen sind diejenigen Schwingungen, die bei der Überlagerung naheliegender Frequenzbereiche entstehen. Die Frequenz der Schwebungen ist gleich die Differenz $f_2 - f_1$.)

¹¹ Heinrich Husmann: Eine neue Konsonanztheorie. In: Archiv für Musikwissenschaft, Jhg. 9 (1952), S. 219.

¹² Meine Gesprächspartner waren hierzu Yu-An Rao (s. Anm. 5), Herbert Zipper, Dirigent und Musikologe, University of Southern California (USC), Gilbert L. Blount, Musikologe, USC, sowie Leonard D. Stein, Direktor, Arnold Schoenberg Institute, USC, dem ich auch andere Einblicke zu Fragen der Neuen Musik verdanke.

¹³ Janet Wydom Butler und Paul G. Daston: Musical Consonance as Musical Preference: A Cross-Cultural Study. In: The Journal of General Psychology, Vol. 29 (1968), S. 129.

¹⁴ Ich berufe mich hierbei vor allem auf Gespräche mit Yu-An Rao und Herbert Zipper (s. Anm. 12).

¹⁵ Vgl. hierzu Edward J. Kessler, Christian Hansen, Roger N. Shepard: Tonal Schemata in the Perception of Music in Bali and in the West. In: Music Perception, Vol. 2 (1984), S. 131.

¹⁶ Vgl. Anm. 2.

¹⁷ Die hier angeführte Ansicht Schönbergs geht auf mehrere Äusserungen des Komponisten zurück und entspricht einem ähnlichen Verhältnis seines Freundes Kandinsky gegenüber Picasso, das ich in einem ausführlichen Beitrag in der *Neuen Zürcher Zeitung* vom 10.8.1980 unter dem Titel «Verehrte Frau Minister. Ein Briefwechsel zwischen Kandinsky und Galka Scheyer» beschrieben habe. Vgl. auch Schönbergs Aufsatz «Neue Musik» aus dem Jahr 1923.

¹⁸ Arnold Schönberg: Schöpferische Konfessionen. Hrsg. Willi Reich, Zürich 1964, S. 32 f. sowie S. 110 ff.

¹⁹ Über das Verhältnis zwischen Arnold Schönberg und Thomas Mann wegen der Interpretation der Zwölftontechnik im *Doktor Faustus* studierte ich ausführlich die diesbezügliche und z. T. noch unveröffentlichte Korrespondenz im Arnold Schoenberg Institute der USC.

Bibliographie

- Helmholtz, Hermann von: Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig 1896.
 Schönberg, Arnold: Harmonielehre. Wien 1922.
 Hindemith, Paul: Unterweisung im Tonsatz. Theoretischer Teil. Mainz 1937.
 Krenek, Ernst: im zweifelsfalle. Aufsätze zur Musik. Wien 1984.
 Schönberg, Arnold: Schöpferische Konfessionen (Hrsg. Willi Reich). Zürich 1964.
 Mann, Thomas: Doktor Faustus. New York 1947 (22. Kapitel).
 Plomp, Reinier: Aspects of Tone Sensation. A Psychophysical Study. New York 1976.
 Carterette, Edward C. and Friedman, Morton P. (Hrsg.): Handbook of Perception. Volume IV. Hearing. New York 1978.
 Husmann, Heinrich: Eine neue Konsonanztheorie. In: Archiv für Musikwissenschaft, Jg. 9 (1952), S. 219.
 Zwicker, E., Flottorp, G. and Stevens, S. S.: Critical Band Width in Loudness Summation. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 29 (1957), S. 548.
 Plomp R. and Levelt, W.J.M.: Tonal Consonance and Critical Bandwidth. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 38 (1965), S. 548.
 Kameoka, Akio and Kuriyagawa: Consonance Theory Part I: Consonance of Dyads. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 45 (1969), S. 1451.
 Kameoka, Akio and Kuriyagawa: Consonance Theory Part II: Consonance of Complex Tones and Its Calculation Method. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 45 (1969), S. 1460.
 Butler, Janet Wydom and Daston, Paul G.: Musical Consonance as Musical Preference: A Cross-Cultural Study. In: The Journal of General Psychology, Vol. 79 (1968), S. 129.
 Ward, Dixon W.: Musical Perception. In: Foundation of Modern Auditory Theory (Hrsg. Jerry V. Tobias). Volume I. New York 1970, S. 407.
 Terhardt, Ernst: Pitch, Consonance, and Harmony. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 55 (1974), S. 1061.
 Dahlhaus, Carl: «Reine» oder «adäquate» Stimmung? In: Archiv für Musikwissenschaft, Jg. 39 (1982), S. 1.
 Kessler, Edward J., Hansen Christa, and Shepard, Roger N.: Tonal Schemata in the Perception of Music in Bali and the West. In: Music Perception, Vol. 2 (1984), S. 131.
 Zatorre, Robert J.: Musical Perception and Cerebral Function: A Critical Review. In: Music Perception, Vol. 2 (1984), S. 196.
 Moore, Brian C.J., Peters, Robert W., and Glasberg, Brian R.: Thresholds for the detection of inharmonicity in complex tones. In: Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 77 (1985), S. 1861.