

Georg Hajdu

Wege zu einer neuen Harmonielehre

Brauchen wir eine neue Harmonielehre?

In seinem 1983 verfaßten, zweiteiligen Aufsatz "John Cage and the Theory of Harmony", versucht James Tenney eine Revision der klassischen Harmonielehre. Er schreibt: "Unfähig mit den radikalen Änderungen in der Kompositionspraxis mitzuhalten ist die Harmonielehre kaum mehr als eine Übung in 'historischer Musikwissenschaft' und hat aufgehört von unmittelbarer Bedeutung für die zeitgenössische Musik zu sein". Er schreibt diese Krise der Harmonielehre einem zu eng gefaßten Begriff von "Harmonie" zu, der sich in der klassischen Lehre auf diatonische Terzschichtungen beschränkt. "Es erscheint mir, daß eine echte Harmonielehre von nun an eine Theorie der harmonischen Wahrnehmung sein sollte," fährt Tenney fort. Er stellt drei Bedingungen auf, die die neue Lehre zu erfüllen habe:

Erstens, sie soll *beschreibend* und nicht *vorschreibend* sein.

Zweitens, sie soll allgemein anwendbar sein.

Drittens, sie soll quantitativ und daher überprüfbar sein.

Diese Bedingungen, so Tenney, ließen sich am Werke Cages am besten testen - nicht zuletzt da dieser alte Denkschemata, Annahmen und Definitionen wie kein anderer in diesem Jahrhundert in Frage gestellt habe und als Komponist glaubhaft sei.

Im zweiten Teil seines Aufsatzes nimmt James Tenney ein Zitat Cages zum Ausgangspunkt in der Errichtung eines neuen harmonischen Denkgebäudes: "Das Hören von Klängen, die nur Klänge sind, bringt den theoretisierenden Verstand sofort zum Theoretisieren." Und so entwickelt Tenney ein mehrdimensionales, geometrisches Modell von Tonhöhenverwandtschaften, das sich auf Primzahlverhältnisse stützt.

Am Schluß seines Essays geht er der Frage nach der Bedeutung der Obertonreihe auf die harmonische Wahrnehmung ein. Er stellt fest, daß die Psychoakustik [zum Erscheinen seines Artikels] noch keine nennenswerten Fortschritte gemacht habe, die einzigartige Bedeutung der Obertonreihe zu erklären, vermutet jedoch, daß die Einzigartigkeit weniger in der Reihe selbst als vielmehr in den Mechanismen der Wahrnehmung verborgen sei.

Perzeption und Kognition

Eigentlich mehr am Rande geht Tenney auch auf die kognitiven Leistungen des Gehirns beim harmonischen Hören ein und schreibt dem Kurzzeitgedächtnis eine besondere Bedeutung bei der Erfassung von Klängen zu. In der kognitiven Psychologie spielt allerdings auch das Langzeitgedächtnis eine eminente Rolle, insofern als sich viele unserer Reaktionen auf Erfahrungen und damit auf Erlerntes zurückführen lassen.

Die Psychologen Krumhansl und Shepard haben in bahnbrechenden Experimenten eine Methode entwickelt, die tonale Hierarchien, die sich im musikalischen Bewußtsein entwickelt haben, ermittelt. Das Prinzip dieser "probe tone method" (Versuchstonmethode) ist einfach darzustellen: Einer Testperson wird eine Skala (Dur, moll oder in vielen nachfolgenden Experimenten auch ethnische Skalen und Modi) vorgespielt, wobei der abschließende Tonikaton fortgelassen und stattdessen nach dem Zufallsprinzip ein beliebiger Skalen- oder skalenfremder Ton präsentiert wird. Die Testperson ist nun aufgefordert, die Akzeptierbarkeit des Versuchstons als Schlußton auf einer Skala von 1 ("paßt nicht") bis 7 ("paßt sehr gut") zu bewerten.

Krumhansl und Shepard teilten dabei die Versuchspersonen nach dem Grad ihrer musikalischen Vorbildung in drei Gruppen ein, deren Reaktionen sich beträchtlich unterschieden. Die Analyse der Resultate machte deutlich, daß zwei Faktoren die Akzeptanz bestimmen, und zwar für die verschiedenen Gruppen zu unterschiedlichen Anteilen. Während die Gruppe mit der geringsten

musikalischen Vorbildung die Akzeptierbarkeit des Schlußtons als Funktion der Tonhöhendistanz zum erwarteten Ton ansahen, so wurde bei der Gruppe mit der größten musikalischen Vorbildung ein anderes Prinzip deutlich: das der tonalen Hierarchien, wie sie auch die Grundlage der abendländischen Harmonielehre ist.

Krumhansl geht in ihrem Buch "Cognitive Foundations of Musical Pitch" der Frage nach, was die treibende Kraft bei der Ausprägung dieser Hierarchien sei und stellt verschiedene Hypothesen zur Diskussion:

- 1.) Sensorische Konsonanz/Dissonanz (nach von Helmholtz)
- 2.) Wahrnehmung virtueller Tonhöhen (nach Terhardt)
- 3.) Statistische Tonhöhenverteilung in tonaler Musik (nach L.B. Meyer)
- 4.) "Kodierung gewisser Eigenschaften von Information durch eine kleine Zahl fundamentaler kognitiver Prozesse ins Langzeitgedächtnis" (nach Hasher & Sacks)

Sie selbst neigt dabei der vierten Hypothese zu:, dennoch bleibt zu klären, was genau diese "gewissen" Eigenschaften von Klanginformation sind.

Neuronale Netzwerke

Die Erklärung der tonalen Hierarchien ist im Verständnis der Art und Weise verborgen, mit der das Gehirn Wahrnehmungen verarbeitet. Es ist daher zu vermuten, daß neuronale Netzwerke in der Lage sind, Aspekte dieser Sinnesleistungen zu simulieren, und in der Tat ist es der Forschung gelungen, vielversprechende Resultate zu liefern: Der amerikanische Psychoakustiker Jamshed Bharucha setzte ein selbstlernendes Netzwerk harmonischen Spektren aus. Nach einer gewissen Zeit erwies sich das Netzwerk nicht nur in der Lage das Muster zu erlernen und einen Grundton für das gegebene Spektrum zu bestimmen, sondern sogar dazu, fehlende Information zu ergänzen: Der Grundton/Residualton konnte sogar noch in Abwesenheit des ersten Partialtons zuverlässig bestimmt werden - eine Leistung, die auch von den meisten Menschen problemlos und unwillkürlich erbracht wird. Nun könnten die ubiquitären Vokale der menschlichen Sprache mit ihren harmonischen Spektren das "Trainingsmaterial" darzustellen, mit denen das Gehirn des heranwachsenden Kindes dazu konditioniert wird, die akustische Gestalt eines Spektrums mit vielen Teiltönen in das einfache mentale Objekt eines Einzeltons zu transformieren. Liegt also hierin der Schlüssel zum Verständnis des harmonischen Hörens und damit der tonalen Hierarchien?

Mentale Objekte

Nähe ("proximity") und Ähnlichkeit ("similarity") sind zwei Prinzipien der Gestaltpsychologie, auf die sich die "auditory scene analysis" des Psychologen Albert Bregman stützt. Hierbei werden akustische Ereignisse als Objekte angesehen, die sich analog zur visuellen Ebene verhalten können (man kann zum Beispiel ein akustisches Objekt hinter einem anderen verstecken und dieses nach einiger Zeit wieder auftauchen lassen, und damit die Illusion vermitteln, es hätte kontinuierlich fortgedauert).

Auch abstrakte musikalische Phänomene lassen sich als geometrische Objekte darstellen (*hier könnte man die Abbildung setzen*). Was dabei auffällt ist, daß sich diese Darstellungen einander oft ähneln - ein Verweis auf die holistische Natur der Musik.

So konstruiert Tenney in seinem eingangs erwähnten Essay eine trichterförmige Projektion von Teiltönen. Der Trichter spitzt sich dabei auf den Grundton hin zu.

Einen ähnlichen Trichter, nun allerdings auf der Ebene der Tonarten mit ihren Skalentönen entwerfen Krumhansl und Kessler. Auf der Spitze befindet sich jetzt der Tonikaton, um den herum sich die anderen Skalen- und skalenfremden Töne organisieren.

Auch der gesamte Tonartenraum läßt sich als zirkuläres, geometrisches Objekt, diesmal als Torus, darstellen, wobei sich der Quintenzirkel dreimal um ihn herumwindet. Dieser Torus stellt nun nichts anderes dar als eine Skalierung, der durch die "probe tone method" gewonnenen Daten.

Tonsysteme

In meinem Artikel "Low energy and equal spacing: the multifactorial evolution of tuning systems" bin ich der Frage nachgegangen, welchen Einfluß die Wahrnehmung musikalischer Intervalle auf die Ausbildung von Tonsystemen und musikalischen Stimmungen gehabt haben könnte und habe ein evolutionäres Modell erstellt, das die Konsonanz eines Intervalls nicht als absolute, kontextunabhängige Größe ansieht, sondern vielmehr auch sekundäre Aspekte wie Klangfarbe oder Hörerfahrung mitberücksichtigt. Der Ausgangspunkt war die Hypothese, daß die Konsonanz eines Intervalls (oder Harmonizität - wie Klarenz Barlow dieses Phänomen benennt) quantitativ bestimmbar ist.

Es ist nicht zu bestreiten, daß bestimmte Intervalle stabiler sind als andere. Stabilität in Physik und Chemie läßt sich als Zustand minimaler Energie auffassen: Energie muß aufgewandt werden, um ein System in seinem Zustand zu verändern. Beim Stimmen von Instrumenten treffen wir auf ein ähnliches Prinzip. Ist ein Intervall rein gestimmt, so erzeugt das Verstimmen eine zunehmende Dissonanzerfahrung, die wieder abnimmt, sobald bis man sich einem anderen stabilen Intervall annähert. Meine Funktion der "harmonischen Energie", die sich von Barlows Harmonizitätsformel ableitet, formalisiert dieses Phänomen des kontinuierlichen Stimmens oder Verstimmens musikalischer Intervalle. Durch Berücksichtigung aller Intervallkombinationen konnte ich auch die "Gesamtenergie" von Tonsystemen bestimmen und graphisch darstellen. Ich habe mich dabei auf äquidistante Systeme beschränkt, da Skalen ganz allgemein (so meine zweite Hypothese) eine Tendenz zur Äquidistanz aufweisen. Es zeigt sich, daß die Stärke des Tonhöhereindrucks ("pitch strength") einen dramatischen Einfluß auf die Stabilität des Systems als Ganzes hat: Ist die "pitch strength" niedrig, so ist die äquidistante Pentatonik am stabilsten, ist sie hoch, so ist es die 12-stufig temperierte Stimmung - Resultate, die im Einklang mit der vergleichenden Musikwissenschaft stehen. (Die äquidistante Pentatonik ist in verschiedenen Kulturen nachzuweisen, in denen Xylophone und andere Instrumente mit verhältnismäßig geringer Tonhöhenstärke vorwiegen.) Damit läßt sich ein evolutionäres Modell dafür aufstellen, wie die zunehmende Fixierung der abendländische Kultur auf den Parameter der Tonhöhe zu einer Vorliebe für gewisse Instrumente geführt und die Entwicklung der gleichschwebend-temperierten Stimmung nach sich gezogen hat.

Mikrotonalität

Für den Komponisten/Komponistin ergeben sich verschiedene Konsequenzen: Er/sie kann alles "beim Alten belassen", da sich unter den gegebenen Bedingungen die 12-tönige Temperierung als überlegen herausgestellt hat, er/sie kann sich in einer Art "artificialer Ethnizität" neuen oder nicht-westlichen Instrumenten zuwenden und ihr Stimmungspotential erforschen, oder - wie ich es mir sympathisch ist - nach Stimmungssystemen suchen, die ihren Eigenschaften dem 12-tönig temperierten System verwandt sind, und wo der Reiz in den kleinen Abweichungen vom gewohnten Hören liegt. Ich habe 1987 begonnen, das 17-tönig temperierte System zu untersuchen und in einer Reihe von Stücken eine hauptsächlich lineare, melodische Organisation angestrebt; die Harmonik wurde dabei als Resultat horizontaler Strukturen behandelt. Die Basis für die melodische Konstruktion lieferte ein gegenüber dem pythagoräischen leicht verzerrter Quintenzirkel, der sich nach 17 Quinten schließt.

In "Heptadecatonic Drops" (1988) ist der Quintenzirkel gestaucht: nach je zwei Quinten aufwärts folgt eine Quarte abwärts.

+0 +6 +12 +18 +24 +30cts



Es war mir dadurch möglich, alle 17 Töne innerhalb des Tonumfangs eines Klaviers darzustellen. Die Melodik wurde von einem hierarchischen 81-tönigen Vorrat abgeleitet, wobei dem Ton D eine

Zentraltonrolle zugewiesen wurde. Die Häufigkeit der anderen Töne wurde von dem Abstand bestimmt, den diese im Quintelzirkel von dem D haben.

In "Two Cartoons" (1988) und "Klangmoraste" (1990) habe ich dann nach folgendem Verfahren eine vierstimmige pseudotonale Harmonik entwickelt:

Zunächst wurden die Tonlücken, die sich aus der Quintfortschreitung ergaben, diatonisch ausgefüllt, wodurch ein nicht-oktavierender Modus gewonnen wurde.

Dann wurde jedem Ton des aufsteigenden Quintenzirkels ein Ton des absteigenden Modus zugeordnet (die Oktavlage ist relativ flexibel):

Und schließlich wurde diese Intervallfortschreitung mit ihrer Umkehrung kombiniert. Es entsteht eine Akkordfolge, die ansatzweise so gedeutet werden könnte: $t - D^7_{5>} - tP^{7}_{5}{}^{4<} - tP^{9}_{3}{}^{4<} - s^{9}_{3}{}^{7<} - \text{usw.}$

Spektrale Musik

In der ersten Szene meiner Oper "Der Sprung" (1994-) habe ich die sogenannte Pierce-Bohlen-Skala verwendet. Diese mikrotonale Skala teilt das Intervall zwischen dem 1. und 3. Partialton der Obertonreihe in 13 gleiche Teile ein und nähert dabei die Tonhöhenverhältnisse, die sich aus den ungeraden Teiltönen 3, 5, 7 und 9 bilden lassen, überraschend genau an.

Stufe	Cents	Verhältnis	Cents	Abweichung
1	0	1:1	0	0
2	146	12:11	151	5
3	293	32:27	294	1
4	439	9:7	435	4
5	585	7:5	583	2
6	732	32:21	729	3
7	878	5:3	884	6
8	1024	9:5	1018	6
9	1170	63:32	1173	3
10	1317	32:15	1312	5
11	1463	7:3	1467	4
12	1609	81:32	1608	1
13	1756	11:4	1751	5
14	1902	3:1	1902	0

Melodik und Harmonik wurden nach verschiedenen Gesichtspunkten festgelegt, von denen ich hier jedoch nur zwei erwähnen möchte:

1. Auffächerung von Harmonien, die durch Anpassung von harmonischen Spektren an die Pierce-Bohlen-Skala gewonnen wurden.
2. Entwicklung eines Modus, der sich auf die Intervalle 1:1-9:7-7:5-5:3-9:5-5:7-3-3:1 stützt und auf jeden Ton des Modus transponiert werden kann.

Am Schluß der Szene wurde dann ein gestrecktes Spektrum, bei dem der 2ⁿ-te Partialton dem Frequenzverhältnis 3ⁿ:1 entspricht, der Pierce-Bohlen-Skala angenähert und als Schlußakkord instrumentiert. Was hier angestrebt wurde, ist die maximale Übereinstimmung der spektralen und mikrotonalen Dimension. Verwendet man modifizierte Spektren, so können manche der unangenehmen Sekundäreffekte "exotischer" Intervalle (Schwebungen, Differenztöne) gemildert und dem Hörer zugemutet werden. Die systematische Erforschung solcher Zusammenhänge erscheint mir ein wichtiges und interessantes Ziel einer neuen Harmonielehre.

Literaturhinweise:

- Barlow, C. (1987). Two essays on theory. *Computer Music Journal*, **11**, 44-60.
- Bharucha, J.J. (1992). The emergence of auditory and musical cognition from neural nets exposed to environmental constraints. Vortrag gehalten bei der Second International Conference on Music Perception and Cognition.
- Bregman, A.S. (1990). *Auditory Scene Analysis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Busch, H.R. (1970). *Leonhard Eulers Beitrag zur Musiktheorie*. Regensburg: Bosse.
- Cage, J. (1961). *Silence*. Middletown: Wesleyan University Press.
- Hasher, L. & Zacks, R.T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, **108**, 356-88.
- Hindemith, P. (1940). *Unterweisung im Tonsatz*. Mainz: B. Schott's Söhne.
- Krumhansl, C.L. & Kessler, E.J. (1982). Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys. *Psychological Review*, **89**, 334-68.
- Krumhansl, C.L. & Shepard, R.N. (1979). Quantification of the hierarchy of tonal functions within diatonic context. *Journal of Experimental Psychology*, **5**, 579-594.
- Meyer, L.B. (1957) Meaning in music and information theory. *Journal of Aesthetics and Art Criticism*, **15**, 412-24.
- Parncutt, R. (1989). *Harmony: A Psychoacoustical Approach*. Berlin: Springer Verlag.
- Pierce, J. (1985) *Klang: Musik mit den Ohren der Physik*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.
- Plomp, R. & Levelt, W.J.M. (1965). Tonal consonance and critical bandwidth. *Journal of the Acoustical Society of America*, **38**, 548-560.
- Shepard, R.N. (1964). Circularity in judgments of relative pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, **36**, 2346-53.
- Slaney, M. & Lyon, R.F. (1990). A perceptual pitch detector. Proceedings of the ICASSP 90, 357-360.
- Tenney, J. (1984). John Cage and the theory of harmony. *Soundings*, **13**, 55-83.
- Terhardt, E., Stoll, G., and Seewann, M. (1982). Pitch of complex signals according to virtual pitch-