ZGMTH Zeitschrift der Gesellschaft für Musiktheorie

Neidhöfer, Christoph (2003/05): Set Theory. ZGMTH 1–2/2/2–3, 219–227.
https://doi.org/10.31751/530

veröffentlicht / first published: 01/04/2005
zuletzt geändert / last updated: 15/01/2010

Set Theory

Christoph Neidhöfer

Die musikalische Set Theory untersucht die Eigenschaften von und Beziehungen zwischen Mengen von musikalischen Objekten. In der Mitte des 19. Jahrhunderts vom Mathematiker George Boole (1815–64) initiiert und von Georg Cantor (1845–1918) systematisch entwickelt (vgl. Nolan 2002), wurde die Set Theory erstmals von Milton Babbitt (*1916) in seiner Dissertation von 1946 zum Studium des Zwölftonsystems angewandt. Als Vorläufer der musikalischen Set Theory gelten die Theorien von Josef Matthias Hauer (1883–1959), Alois Hába (1893–1973) und Joseph Schillinger (1895–1943), die die möglichen Tonkonstellationen untersuchen, welche sich in verschiedenen Tonsystemen, inklusive mikrotonaler Systeme, bilden lassen. Auf den Bereich der Tonhöhen angewandt, betrachtet die Set Theory die Tonhöhenqualitäten unabhängig von ihrer Registerlage, indem sie alle Töne, die enharmonisch äquivalent sind, und alle Töne, die eine oder mehrere reine Oktaven auseinanderliegen, zu jeweils einer einzigen ›pitch class‹ zusammenfaßt. Auf atonale oder zwölftönige Musik bezogen, besteht die Menge aller ›pitch classes‹ aus zwölf Elementen (C, Cis = Des, D, Dis = Es usw.); im diatonischen System sind es sieben, im pentatonischen System fünf usw.

Das Total der zwölf chromatischen ›pitch classes‹ wird ›aggregate‹ genannt. Die zwölf ›pitch classes‹ lassen sich auf 4096 (2^{12}) verschiedene Arten kombinieren (unabhängig von der internen Reihenfolge der ›pitch classes‹ einer Gruppierung). Eine Gruppe von ›pitch classes‹ wird ›pitch-class set‹ genannt. Um sich eine Übersicht über die möglichen ›pitch-class sets‹ im chromatischen System zu verschaffen, werden diese in Äquivalenzklassen, die sogenannten ›set classes‹, eingeteilt. ›Pitch-class sets‹, die unter Transposition identisch sind, gehören zur selben ›set class‹. Unter transpositorischer Äquivalenz ergeben sich insgesamt 354 ›set classes‹, auch ›T_n-type set classes‹ genannt.[1] ›T_n‹ wird als eine mathematische Funktion verstanden und bezeichnet die Transposition um n Halbtöne, wobei n die Werte 0, 1, 2, und 11 durchläuft. In den Theorien von Howard Hanson (1896–1981), Allen Forte (*1926) und anderen werden alle ›pitch-class sets‹, die unter Transposition und / oder Umkehrung identisch sind, in dieselbe ›set class‹ eingeteilt.[2] Daraus resultieren 223 ›set classes‹, auch ›T_nI-type set classes‹ genannt (›I‹ steht für ›inversion‹).

Zu den charakteristischen Eigenschaften eines ›pitch-class set‹ zählen insbesondere die Anzahl der in ihm enthaltenen ›pitch classes‹ (die sogenannte ›cardinality‹), der intervallische Gehalt (›interval-class content‹), allfällige Symmetrien und die Fähigkeit, sich

1 Vgl. Howe 1965, Rahn 1980.

2 Vgl. Hanson 1960, Forte 1973.

mit Transpositionen und / oder Umkehrungen seiner selbst zum ›aggregate‹ zu ergänzen. Um die ›set class‹ eines ›pitch-class set‹ zu bestimmen, reduziert Forte (1973) dessen intervallische Struktur auf eine Grundform, die ›normal order‹, die die ›pitch classes‹ in engstmöglicher Lage und mit den kleinstmöglichen Intervallen im unteren Bereich darstellt. Diese ›normal order‹ wird dann mit der ›normal order‹ der Umkehrung des ›pitch-class set‹ verglichen. Diejenige der beiden ›normal orders‹, deren unterstes Intervall kleiner ist (oder deren zweitunterstes Intervall kleiner ist, im Falle, daß beide das gleiche unterste Intervall enthalten usw.), wird dann als ›prime form‹ bezeichnet. Die ›prime form‹ wird schließlich numerisch so dargestellt, daß die unterste ›pitch class‹ als 0 und alle anderen ›pitch classes‹ in ihren Halbtonabständen über 0 aufgelistet werden. Zum Beispiel lautet die ›prime form‹ des Dur- und Molldreiklangs – die beiden stehen im gegenseitigen Umkehrungsverhältnis – [0,3,7]; die ›prime form‹ des halbverminderten Septakkordes und des Dominantseptakkordes lautet [0,2,5,8]. Forte führt alle ›prime forms‹ in einer Tabelle auf und numeriert sie gemäß ihrer Position in der Liste.[3] ›Prime forms‹, die sich komplementär verhalten – z. B. der verminderte Septakkord und die oktatonische Tongruppe, die sich entsprechend transponiert gegenseitig zum ›aggregate‹ ergänzen – führt Forte auf derselben Zeile auf, da ihnen bestimmte strukturelle Eigenschaften gemein sind. Wenn beispielsweise ein ›pitch-class set‹ in nur vier verschiedenen Transpositionen existiert, wie dies beim übermäßigen Dreiklang [0,4,8] der Fall ist, dann gilt dies auch für das komplementäre ›pitch-class set‹ [0,1,2,4,5,6,8,9,10]. Fortes Tabelle zeigt außerdem für jede ›prime form‹ deren ›interval vector‹[4]. Dieser berechnet den Intervallgehalt: jedes im ›pitch-class set‹ enthaltene Intervall läßt sich auf eine der sieben ›interval classes‹ in der Größe von 0 bis 6 Halbtönen reduzieren. Fortes ›interval vector‹ zeigt, wie oft jede ›interval class‹ in einem ›pitch-class set‹ auftritt, aufgelistet in der Reihenfolge der ›interval classes‹ 1 bis 6. Beim Dur- und Molldreiklang lautet der ›interval vector‹ beispielsweise [001110] – je eine kleine Terz, große Terz und Quarte (= Quinte).

Obschon aus der mathematischen Perspektive einleuchtend, wurde die Umkehrungsäquivalenz von ›pitch-class sets‹ nicht von allen Theoretikern übernommen, da sie kaum einer klanglichen Äquivalenz entspricht. Der Tristanakkord ist beispielsweise eine ›pitch-class‹-Umkehrung des ihm folgenden Dominantseptakkordes[5], klingt aber ganz anders. Howe 1965, Rahn 1980, Pople 1984 und andere definieren deshalb eine ›set class‹ als die Menge aller ›pitch-class sets‹, die nur unter Transposition äquivalent sind (›T_n-type set class‹). Die ›T_n-type set classes‹ mit sechs Tönen, die ›hexachords‹, sind bereits aus der Theorie Hauers bekannt.[6] Seine 44 Tropen zeigen – unter transpositorischer Äquivalenz – alle möglichen Teilungen des chromatischen Totals in zwei (intern ungeordnete) Hälften und enthalten somit alle möglichen (›T_n-type‹-) ›hexachords‹.

Die Analyse von Tonhöhenkonstellationen mit Hilfe der Set Theory ermöglicht es, Eigenschaften zu definieren, die sonst nur schwer zu erkennen wären. Des weiteren kann die Set Theory ein neues Licht auf bereits bekannte Eigenschaften werfen, indem

3 Forte 1973, 179–81.

4 Als Konzept in Martino 1961 eingeführt.

5 Babbitt 2003, 358.

6 Hauer 1925, 12.

sie diese verallgemeinernd darstellt. Dabei wird klar, daß viele historisch bevorzugte Tonsysteme einzigartige Eigenschaften besitzen. Beispielsweise läßt sich mit Hilfe der Set Theory zeigen, daß das chromatische und diatonische ›hexachord‹ die einzigen sechstönigen ›set classes‹ sind, in denen jeweils jede ›interval class‹ in einer einzigartigen Häufigkeit auftritt. Der ›interval vector‹ des chromatischen ›hexachord‹ lautet [543210], derjenige des diatonischen ›hexachord‹ [143250]. Ähnliches gilt für das chromatische und diatonische ›heptachord‹ (mit ›interval vectors‹ [654321] bzw. [254361]).

Unter den vielleicht weniger intuitiv erfaßbaren Eigenschaften wäre die Tatsache zu nennen, daß komplementäre ›hexachords‹, selbst wenn sie verschiedenen ›set classes‹ zugehören, denselben Intervallgehalt haben. Dies läßt sich durch das sogenannte ›Babbitt hexachord theorem‹ beweisen.[7] Eine verwandte Eigenschaft findet man auch bei ›set classes‹ anderer Größe. So gibt es beispielsweise zwei verschiedene ›all-interval tetrachords‹ mit den ›prime forms‹ [0,1,4,6] und [0,1,3,7]. Obschon sie verschiedenen ›set classes‹ angehören, ist ihr Intervallgehalt identisch, indem jede ›interval class‹ genau einmal auftritt. Der ›interval vector‹ ist in beiden Fällen [111111]. Elliott Carter (*1908), dessen Denken von der Set Theory beeinflußt ist, verwendet die beiden ›all-interval tetrachords‹ – deren Eigenschaften er bereits in den 1950er Jahren entdeckte – regelmäßig in seinen Werken bis heute.[8] Forte (1973, 21) bezeichnet zwei verschiedene ›set classes‹ mit identischem ›interval vector‹ als ›Z-related‹[9]. ›Z-Relationen‹ treten im chromatischen System immer paarweise auf, d. h. es gibt keine drei oder vier verschiedenen ›set classes‹, die sich denselben ›interval vector‹ teilen. David Lewin (1933–2003) hat gezeigt, daß in anderen Tonsystemen wie z. B. dem Sechzehntonsystem mitunter Drillinge von ›set classes‹ mit demselben ›interval vector‹ existieren. Lewin warnt deshalb davor, paarweise ›Z-Relationen‹ in der Analyse überzubewerten.[10]

Die Beziehung zwischen zwei beliebigen ›pitch-class sets‹ ist unter anderem durch deren Schnittmenge, d. h. durch die Menge der gemeinsamen ›pitch classes‹ charakterisiert. Je größer der Anteil der gemeinsamen ›pitch classes‹, desto ähnlicher sind sich zwei ›sets‹. Theorien der Ähnlichkeit (›similarity relations‹) wurden von einer Reihe von Theoretikern aufgrund verschiedener Kriterien entwickelt.[11] Forte entwickelte eine Theorie der ›set-complexes‹. Ein ›complex K‹ besteht aus einem Paar komplementärer ›set classes‹ und allen ›set classes‹, die in mindestens einem der beiden komplementären ›set classes‹ (durch Transposition und / oder Umkehrung) enthalten sind.[12] Restriktiver ist Fortes ›complex Kh‹, der sich aus einem Paar komplementärer ›set classes‹ und allen ›set classes‹, die in beiden komplementären ›set classes‹ (durch Transposition und / oder Umkehrung) enthalten sind, zusammensetzt.[13] Forte 1988 entwickelt eine alternative Ka-

7 Regener 1974, 203f., Lewin 1987, 144f.

8 Carter 2002, ix und 364.

9 Der Buchstabe ›Z‹ hat keine spezifische Bedeutung, sondern ist beliebig gewählt.

10 Vgl. Lewin 1982.

11 U. a. Morris 1980 und 1995b, Lord 1981, Isaacson 1990, Scott und Isaacson 1998, Buchler 2000, Quinn 2001.

12 Forte 1973, 93–96.

13 Ebd., 96–97.

tegorisierung, die Familien von ›set classes‹ aufgrund der sie generierenden Dreiklänge (›trichords‹) zwölf ›genera‹ und vier ›supragenera‹ zuordnet.

Weitere grundlegende Untersuchungen zur Set Theory finden sich insbesondere in den 1987 erschienenen Büchern von David Lewin und Robert Morris und in weiteren Arbeiten dieser Autoren sowie in den Schriften von John Clough, Andrew Mead, John Rahn, Eric Regener und Daniel Starr. Eine Gruppe von Theoretikern (insbesondere Richmond Browne, John Clough, Robert Gauldin, Gerald Myerson) hat sich seit den 1970er Jahren mit der diatonischen Set Theory befaßt, die die Eigenschaften derjenigen ›sets‹ untersucht, die im diatonischen System gebildet werden können, oft in ihrer Relation zum chromatischen System. Weitere Fragestellungen der Set Theory haben zur Untersuchung von ›pitch-class sets‹ mit speziellen Eigenschaften geführt, unter denen das siebentönige diatonische ›set‹ eine zentrale Stelle einnimmt.[14] Unter Anwendung der Set Theory haben verschiedene Autoren Akkordformationen in weiteren Tonsystemen untersucht, wie dem oktatonischen System (van den Toorn 1983, 1986, Santa 1999), dem pentatonischen und ganztönigen System (Santa 1999), den modalen Systemen von Olivier Messiaen (Bernard 1986, 1994, Cheong 2002, 2003, Neidhöfer 2005) und im ›double aggregate‹, in dem jeder Ton im chromatischen Total doppelt vertreten ist (Morris 2003).

Die Set Theory eignet sich auch zur Erforschung rhythmischer Strukturen, solange diese als ›sets‹ darstellbar sind. In Analogie zu den ›pitch-class sets‹ definiert Richard Cohn (1992) rhythmische Patterns in der Musik von Steve Reich als ›beat-class sets‹, auf die dieselben abstrakten Operationen wie auf die ›pitch-class sets‹ angewendet werden können. ›Beat-classes‹ entsprechen in etwa Babbitts ›time points‹ (siehe Summary zur ›Twelve-Tone Theory‹). In Analogie zur diatonischen Tonalität definiert John Roeder (2003) ›beat-class modes‹ und ›beat-class modulation‹ in Reichs späteren Kompositionen. Anhand atonaler Werke von Anton Webern zeigt Forte (1980), wie die verschiedenen rhythmischen Unterteilungen einer Zeiteinheit als ›partitions‹ analysiert werden können. Lewin erörtert, wie sich verschiedene rhythmische Ansätze als jeweils andersartige ›rhythmic spaces‹ definieren lassen: Babbitts rhythmisches System erkennt Lewin als ›modular space‹ mit ›beat classes‹, Elliott Carters modulierende Tempi als ›modular space‹ mit ›duration classes‹.[15] Über ›pitch classes‹ und Rhythmus hinaus zeigen Elizabeth West Marvin und Paul Laprade (1987) und Michael Friedmann 1985, wie sich ›sets‹ auch im Bereich der musikalischen Konturen definieren und analysieren lassen.[16]

Die Set Theory erfreut sich in der amerikanischen Musiktheorie einer anhaltenden Popularität, weil die möglichen Anwendungen schier unbegrenzt sind. In den letzten Jahren ist die Set Theory auch vermehrt in Verbindung mit anderen interpretatorischen Ansätzen wie der ›cultural theory‹ und ›feminist theory‹ zur Anwendung gekommen.[17] Jenseits der musiktheoretischen Forschung gehören die Basiskonzepte der Set Theory inzwischen zum Grundvokabular des Musiktheorieunterrichts an nordamerikanischen Universitäten und Musikhochschulen.

14 Clough und Douthett 1991, Carey und Clampitt 1989, 1996.

15 Lewin 1987, 23f.

16 Siehe auch Morris 1993, Quinn 1997.

17 Z. B. Hisama 2001.

Literatur

Babbitt, Milton (1946), »The Function of Set Structure in the Twelve-Tone System«, Ph.D. Dissertation, Princeton University.

—— (1955), »Some Aspects of Twelve-Tone Composition«, *The Score and I.M.A. Magazine* 12, 53–61, und Babbitt 2003, 38–47.

—— (1960), »Twelve-Tone Invariants as Compositional Determinants«, *Musical Quarterly* 46, 246–59, auch abgedruckt in: *Problems of Modern Music*, hg. von Paul Henry Lang, New York: W. W. Norton, 1962, 72–94, und Babbitt 2003, 55–69.

—— (1961), »Set Structure as a Compositional Determinant«, *Journal of Music Theory* 5, 72–94, Boretz und Cone 1972, 129–47, und Babbitt 2003, 86–108.

—— (2003), *The Collected Essays of Milton Babbitt*, hg. von Stephen Peles, Stephen Dembski, Andrew Mead und Joseph N. Straus, Princeton: Princeton University Press.

Balzano, Gerald (1980), »The Group-Theoretic Description of 12-Fold and Microtonal Pitch Systems«, *Computer Music Journal* 40, 66–84.

Bernard, Jonathan (1986), »Messiaen's Synaesthesia. The Correspondence between Color and Sound Structure in His Music«, *Music Perception* 4, 41–68.

—— (1994), »Colour«, in: *The Messiaen Companion*, hg. von Peter Hill, Portland: Amadeus Press, 203–19.

—— (1997), »Chord, Collection, and Set in Twentieth-Century Theory«, in: *Music Theory in Concept and Practice*, hg. von James Baker, David Beach und Jonathan Bernard, Rochester: University of Rochester Press, 11–51.

Browne, Richmond (1981), »Tonal Implications of the Diatonic Set«, *In Theory Only* 5, 3–21.

Buchler, Michael (2000), »Broken and Unbroken Interval Cycles and their Use in Determining Pitch-Class Set Resemblance«, *Perspectives of New Music* 38, 52–87.

Carey, Norman / David Clampitt (1989), »Aspects of Well-Formed Scales«, *Music Theory Spectrum* 11, 187–206.

—— (1996), »Self-Similar Pitch Structures, Their Duals, and Rhythmic Analogues«, *Perspectives of New Music* 34, 62–87.

Carter, Elliott (2002), *Harmony Book*, hg. von Nicholas Hopkins und John F. Link, New York: Carl Fischer.

Cheong, Wai-Ling (2002), »Messiaen's Triadic Colouration. Modes As Interversion«, *Music Analysis* 21, 53–84.

—— (2003), »Rediscovering Messiaen's Invented Chords«, *Acta Musicologica* 75, 85–105.

Chrisman, Richard (1971), »Identification and Correlation of Pitch-Sets«, *Journal of Music Theory* 15, 58–83.

—— (1977), »Describing Structural Aspects of Pitch-Class Sets Using Successive Interval Arrays«, *Journal of Music Theory* 21, 1–28.

Clough, John (1965), »Pitch-Set Equivalence and Inclusion (A Comment on Forte's Theory of Set-Complexes)«, *Journal of Music Theory* 9, 163–71.

—— (1979), »Aspects of Diatonic Sets«, *Journal of Music Theory* 23, 45–61.

—— (1979–80), »Diatonic Interval Sets and Transformational Structures«, *Perspectives of New Music* 18, 461–82.

—— (1994), »Diatonic Interval Cycles and Hierarchical Structure«, *Perspectives of New Music* 32, 228–53.

Clough, John / Jack Douthett (1991), »Maximally Even Sets«, *Journal of Music Theory* 35, 93–173.

Clough, John / Nora Engebretsen / Jonathan Kochavi (1999), »Scales, Set, and Interval Cycles. A Taxonomy«, *Music Theory Spectrum* 21, 74–104.

Clough, John / Gerald Myerson (1985), »Variety and Multiplicity in Diatonic Systems«, *Journal of Music Theory* 29, 249–70.

Cohn, Richard (1991), »Properties and Generability of Transpositionally Invariant Sets«, *Journal of Music Theory* 35, 1–32.

—— (1992), »Transpositional Combination of Beat-Class Sets in Steve Reich's Phase-Shifting Music«, *Perspectives of New Music* 30, 146–77.

—— (1996), »Maximally Smooth Cycles, Hexatonic Systems, and the Analysis of Late Nineteenth-Century Triadic Progressions«, *Music Analysis* 15, 22–40.

—— (1997), »Neo-Riemannian Operations, Parsimonious Trichords, and Their Tonnetz Representations«, *Journal of Music Theory* 41, 1–66.

Covach, John (2002), »Twelve-Tone Theory«, in: *The Cambridge History of Western Music Theory,* hg. von Thomas Christensen, Cambridge: Cambridge University Press, 603–27.

Forte, Allen (1964), »A Theory of Set-Complexes for Music«, *Journal of Music Theory* 8, 136–83.

—— (1973), *The Structure of Atonal Music*, New Haven: Yale University Press.

—— (1980), »Aspects of Rhythm in Webern's Atonal Music«, *Music Theory Spectrum* 2, 90–109.

—— (1988), »Pitch-Class Genera and the Origin of Modern Harmonic Species«, *Journal of Music Theory* 32, 187–271.

Friedmann, Michael (1985), »A Methodology for the Discussion of Contour. Its Application to Schoenberg's Music«, *Journal of Music Theory* 29, 223–48.

Gauldin, Robert (1983), »The Cycle-7 Complex. Relations of Diatonic Set Theory to the Evolution of Ancient Tonal Systems«, *Music Theory Spectrum* 5, 39–55.

Hába, Alois (1927), *Neue Harmonielehre des diatonischen, chromatischen, Viertel-, Drittel-, Sechstel- und Zwölftel-Tonsystems*, Leipzig: Fr. Kistner und C. F. W. Siegel.

Hanson, Howard (1960), *Harmonic Materials of Modern Music. Resources of the Tempered Scale*, New York: Appleton-Century-Crofts.

Hasty, Christopher (1987), »An Intervallic Definition of Set Class«, *Journal of Music Theory* 31, 183–204.

Hauer, Josef M. (1925), *Vom Melos zur Pauke. Eine Einführung in die Zwölftonmusik*, Wien: Universal Edition.

Heinemann, Stephen (1998), »Pitch-Class Set Multiplication in Theory and Practice«, *Music Theory Spectrum* 20, 72–96.

Hisama, Ellie (2001), *Gendering Musical Modernism. The Music of Ruth Crawford, Marion Bauer, and Miriam Gideon,* Cambridge: Cambridge University Press.

Hoover, Mark (1984), »Set Constellations«, *Perspectives of New Music* 23, 164–79.

Howe, Hubert (1965), »Some Combinatorial Properties of Pitch Structures«, *Perspectives of New Music* 4, 45–61.

Isaacson, Eric (1990), »Similarity of Interval-Class Content Between Pitch-Class sets: the IcVSIM Relation«, *Journal of Music Theory* 34, 1–28.

—— und Damon Scott (1998), »The Interval Angle. A Similarity Measure for Pitch-Class Sets«, *Perspectives of New Music* 36, 107–42.

Kaplan, Richard (1990), »Transpositionally Invariant Subsets. A New Set Subcomplex Relation«, *Intégral* 4, 37–66.

Klumpenhouwer, Henry (1998), »The Inner and Outer Automorphisms of Pitch-Class Inversion and Transposition. Some Implications for Analysis with Klumpenhouwer Networks«, *Intégral* 12, 81–93.

Lewin, David (1959), »Re: Intervallic Relations between Two Collections of Notes«, *Journal of Music Theory* 3, 298–301.

—— (1960), »Re: The Intervallic Content of a Collection of Notes, Intervallic Relations between a Collection of Notes and Its Complement. An Application to Schoenberg's Hexachordal Pieces«, *Journal of Music Theory* 4, 98–101.

—— (1977a), »Forte's Interval Vector, My Interval Function, and Regener's Common-Note Function«, *Journal of Music Theory* 21, 194–237.

—— (1977b), »A Label Free Development for 12-Pitch-Class Systems«, *Journal of Music Theory* 21, 29–48.

—— (1980), »Some New Constructs Involving Abstract PCSets, and Probabilistic Applications«, *Perspectives of New Music* 18, 433–44.

—— (1982), »On Extended Z-Triples«, *Theory and Practice* 7, 38–39.

—— (1987), *Generalized Musical Intervals and Transformations*, New Haven: Yale University Press.

—— (1993), *Musical Form and Transformation*, New Haven: Yale University Press.

—— (1996), »Cohn Functions«, *Journal of Music Theory* 40, 181–216.

—— (1998), »Some Ideas about Voice-Leading Between Pc-Sets«, *Journal of Music Theory* 42, 15–72.

London, Justin (2002), »Rhythm in Twentieth-Century Theory«, in: *The Cambridge History of Western Music Theory,* hg. von Thomas Christensen, Cambridge: Cambridge University Press, 695–725.

Lord, Charles (1981), »Interval Similarity Relations in Atonal Set Analysis«, *Journal of Music Theory* 25, 91–111.

Martino, Donald (1961), »The Source Set and its Aggregate Formations«, *Journal of Music Theory* 5, 224–73. Siehe auch »Addendum«, *Journal of Music Theory* 6 (1962), 322–23.

Marvin, Elizabeth / Paul Laprade (1987), »Relating Musical Contours. Extensions of a Theory for Contour«, *Journal of Music Theory* 31, 225–67.

Metz, Paul (1989–90), »The Clock Diagram. An Effective Visual Tool in Set Theory Pedagogy«, *Theory and Practice* 14/15, 105–21.

Morris, Robert (1980), »A Similarity Index for Pitch-Class Sets«, *Perspectives of New Music* 18, 445–60.

—— (1982), »Set Groups, Complementation, and Mappings among Pitch-Class Sets«, *Journal of Music Theory* 26, 101–44.

—— (1982–83), »Combinatoriality without the Aggregate«, *Perspectives of New Music* 21, 432–86.

—— (1987), *Composition with Pitch-Classes. A Theory of Compositional Design*, New Haven: Yale University Press.

—— (1990), »Pitch-Class Complementation and its Generalization«, *Journal of Music Theory* 34, 175–245.

—— (1991), *Class Notes for Atonal Music Theory*, Lebanon NH: Frog Peak Music.

—— (1993), »New Directions in the Theory and Analysis of Musical Contour«, *Music Theory Spectrum* 15, 205–28.

—— (1994), »Recommendations for Atonal Music Pedagogy in General. Recognizing and Hearing Set-Classes in Particular«, *Journal of Music Theory Pedagogy* 8, 75–134.

—— (1995a), »Compositional Spaces and Other Territories«, *Perspectives of New Music* 33, 328–58.

—— (1995b), »Equivalence and Similarity in Pitch and Their Interaction with PCSet Theory«, *Journal of Music Theory* 39, 207–43.

—— (1998), »Voice-Leading Spaces«, *Music Theory Spectrum* 20, 175–208.

—— (2001), *Class Notes for Advanced Atonal Music Theory,* Lebanon NH: Frog Peak Music.

—— (2003), »Pitch-Class Duplication in Serial Music. Partitions of the Double Aggregate«, *Perspectives of New Music* 41, 96–121.

Neidhöfer, Christoph (2005), »A Theory of Harmony and Voice Leading for the Music of Olivier Messiaen«, *Music Theory Spectrum* 27, 1–34.

Nolan, Catherine (2002), »Music Theory and Mathematics«, in: *The Cambridge History of Western Music Theory,* hg. von Thomas Christensen, Cambridge: Cambridge University Press, 272–304.

Parks, Richard (1998), »Pitch-Class Set Genera. My Theory, Forte's Theory«, *Music Analysis* 17, 206–25.

Pople, Anthony (1984), »Skryabin and Stravinsky 1908–1914. Studies in Analytic Method«, DPhil Dissertation, Oxford University.

Quinn, Ian (1997), »Fuzzy Extensions to the Theory of Contour«, *Music Theory Spectrum* 19, 232–63.

—— (2001), »Listening to Similarity Relations«, *Perspectives of New Music* 39, 108–58.

Rahn, John (1979), »Logic, Set Theory, Music Theory«, *College Music Symposium* 19, 114–27.

—— (1980), »Relating Sets«, *Perspectives of New Music* 18, 483–502.

—— (1980), *Basic Atonal Theory*, New York: Longman.

Regener, Eric (1974), »On Allen Forte's Theory of Chords«, *Perspectives of New Music* 13, 191–212.

Roeder, John, »Set«, in: *Grove Music Online*, hg. von L. Macy (abgerufen 15. 3. 2005), http://www.grovemusic.com.

—— (1987), »A Geometric Representation of Pitch-Class Series«, *Perspectives of New Music* 25, 362–409.

—— (2003), »Beat-Class Modulation in Steve Reich's Music«, *Music Theory Spectrum* 25, 275–304.

Roig-Francoli, Miguel (2001), »A Theory of Pitch-Class-Set Extension in Atonal Music«, *College Music Symposium* 41, 57–90.

Rouse, Steven (1985), »Hexachords and Their Trichordal Generators. An Introduction«, *In Theory Only* 8, 19–43.

Saltini, Roberto (1993), »Structural Levels and Choice of Beat-Class Sets in Steve Reich's Phase-Shifting Music«, *Intégral* 7, 149–78.

Santa, Matthew (1999), »Defining Modular Transformations«, *Music Theory Spectrum* 21, 200–229.

—— (2000), »Analysing Post-Tonal Diatonic Music. A Modulo 7 Perspective«, *Music Analysis* 19, 167–201.

Schillinger, Joseph (1946), *The Schillinger System of Musical Composition*, 2 Bde., New York: Carl Fischer, siehe insbesondere »Theory of Pitch-Scales«, Bd. 1, 97–179.

Starr, Daniel (1978), »Sets, Invariance and Partitions«, *Journal of Music Theory* 22, 1–42.

Straus, Joseph N. (2003), »Uniformity, Balance, and Smoothness in Atonal Voice Leading«, *Music Theory Spectrum* 25, 305–52.

—— ([3]2005), *Introduction to Post-Tonal Theory*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

van den Toorn, Pieter (1983), *The Music of Igor Stravinsky*, New Haven: Yale University Press.

—— (1986), »Octatonic Pitch Structure in Stravinsky«, in: *Confronting Stravinsky*, hg. von Jann Pasler, Berkeley: University of California Press, 130–56.

Wilcox, Howard (1983), »Group Tables and the Generalized Hexachord Theorem«, *Perspectives of New Music* 21, 535–39.