

NORBERT CHRISTMANN, Kaiserslautern

## **Stochastik und Musik: Grundideen der Stochastischen Musik im Unterricht**

Im 20. Jahrhundert Jahrhundert kam zu den schon immer bei Aufführungen stattfindenden zufälligen Fehlern eine wesentlich neue Qualität von Zufall bei der Gestaltung von Musik (und Kunst generell) hinzu: Auch bei den „objektiven“ Teilen, z. B. **bei den Partituren** der Musik, wird der **Zufall als gestaltendes Element** zugelassen, z. B. durch unscharfe Tonhöhenvorgaben in Bildpartituren oder durch Bestimmung der Partitur mittels Algorithmen vor jeder Aufführung. Für eine detaillierte Übersicht wird auf Christmann (2008, 2009, auch 1998) verwiesen. In diesem Beitrag befassen wir uns mit einer speziellen Form von Zufallsprinzipien benutzender Musik, der Stochastischen Musik von Iannis XENAKIS.

### **1. Iannis Xenakis**

Iannis XENAKIS wurde 1922 als Sohn griechischer Eltern in Rumänien geboren, die Eltern übersiedelten 1932 mit ihm nach Griechenland. Dort begann er 1934 mit ersten musikalischen Studien. In den Jahren 1940 – 1947 absolvierte er ein Ingenieurstudium am Polytechnikum in Athen. Er war während des Krieges im Widerstand tätig. Nach dem Krieg wurde er zur Armee eingezogen, entzog sich dieser durch Flucht und wurde deshalb zum Tode verurteilt. Er flieht 1947 nach Paris, findet dort eine Anstellung bei LE CORBUSIER als Ingenieur, bleibt bei ihm bis 1959, wobei er mit fortschreitender Dauer der Anstellung immer mehr auch eigenständige Projekte entwickelt.

Parallel zu dieser Tätigkeit studierte er Komposition bei A. HONNEGER, D. MILHAUD und O. MESSIAN. Er erweist sich als Wanderer zwischen Musik, Architektur und Mathematik. Er gründet 1966 in Paris die Equipe de Mathématique et d'Automatiques Musicales (EMAMu), die 1972 in Centre des Etudes Mathématiques Automatiques Musicales (CEMAMu) umgetauft wurde. Er starb 2001 in Paris. In seinem musikalischen Werk nutzt er die Geometrie (Regelflächen) und besonders die Stochastik.

### **2. Prinzipien der Stochastischen Musik von I. Xenakis**

Wir wollen uns hier nur mit dem Entstehen einer Partitur zur Stochastischen Musik von I. Xenakis befassen, für sein Musikverständnis (Begriff Komposition) verweisen wir auf Xenakis (1972) und Baltenberger (1996).

Beim Kompositionsprozess zur Stochastischen Musik erzeugt Xenakis unter Nutzung des FORTRAN-Programmes ST für stochastische Berech-

nungen eine klassische Partitur (Z: Nutzung von Zufallsvariablen mit ST, V: Vorgabe durch den Komponisten; SU: Setzung im Unterricht, vgl. 3.):

- Zunächst wird die **Gesamtbesetzung** und die **Zahl der Sequenzen** des Stückes festgelegt (V).
- Für die Sequenzen werden deren **mittlere Dauern** (Taktzahl T) und die Verteilung der Dauern bestimmt. (Z/SU)
- Danach werden die **Dauern** der einzelnen Sequenzen festgelegt (berechnet). (Z/SU)
- Für jede Sequenz ist die **mittlere Tondichte** (Zahl der Töne durch die Sequenzdauer) (Z) und die **Besetzung** (d.h. die aus der Gesamtbesetzung beteiligten Instrumente) zu bestimmen. (V)
- Danach ist die **Verteilung der Töne auf die einzelnen Instrumente** (Verteilung der Dichte) zu klären. (V/Z)
- Danach sind die **Einsatzzeitpunkte** (Z) der Töne zu bestimmen, die **Instrumente** (Klangfarben) (Z/SU) für die einzelnen Töne und deren **Tonhöhe** (Z).
- Falls zuvor (als „Klangfarbe“) ein **„Glissando“** (eine Spezialität von Xenakis für die Streicher) auftritt, wird dessen **Geschwindigkeit** ermittelt (Z).
- Für die Töne ist noch die **Dauer** (Z) und die **Lautstärke (Dynamik)** zu ermitteln (Z).

Xenakis hatte um 1960 noch keine Notendruckprogramme zur Verfügung, er übertrug die Ergebnisse von ST in eine Partitur. Dabei konnte er nachbessern, wenn Unspielbarkeiten u. ä. entstanden. Die Kompositionen werden mit „ST/N – L, TTMMJJ“ bezeichnet, wobei N die Zahl der Instrumente, L die Nummer und TTMMJJ das Datum des Programmlaufs bezeichnen, Beispiele aus dem Jahr 1962 sind ST/10 – 1, 080262; ST/48 – 1, 240162; ST/4 – 1, 080262. Manche Werke werden von ihm auch mit zusätzlichen Titeln versehen. Der Zufall als gestaltendes Element wird so nur dem Komponisten, nicht den ausübenden Musikern überlassen.

### 3. Ansatzpunkte für den Mathematikunterricht

Im Mathematikunterricht können die in der Stochastischen Musik verwendeten Methoden aus der Stochastik geklärt werden. Dabei kann man sich auf Teilbereiche, z. B. die Erstellung einer Sequenz mit wenigen (eventuell nur einem Instrument) beschränken, Teile der ursprünglich über Zufallsvariablen bestimmten Größen kann man dann einfach festsetzen (SU in der Übersicht). Bei den Berechnungen zur Stochastischen Musik werden unter-

schiedliche Verteilungen genutzt (u. a. Exponential-, Poisson- und Normalverteilung). Sofern diese bekannt sind (Abschluss Leistungskurs), können sie zur Berechnung der entsprechenden Zufallsvariablen eingesetzt werden. Es ist aber auch möglich und vielleicht sogar interessanter, über empirische Befunde selbst erstellte diskrete Verteilungen zu nutzen. Für ein ausgearbeitetes kleines Beispiel wird auf Christmann (2008) verwiesen.

#### 4. Nutzung musikalischer Software

Komponierte Musik sollte auch gehört werden, das gilt auch für durch Zufallsprozesse erzeugte. Nach Erstellung der Partitur kann sie natürlich wie üblich aufgeführt werden. Moderne Musiksoftware ermöglicht aber auch direktes Hören mit der Soundkarte des Computers. Es kann so interaktiv an der Komposition gebastelt werden, zugleich erfahren die Schüler damit eine Einführung in einen wesentlichen Zweig des heutigen Musikgeschehens, der bewussten Musikerzeugung (Komposition) mittels Computer. Im Vortrag werden dazu zwei frei verfügbare Programme angesprochen:

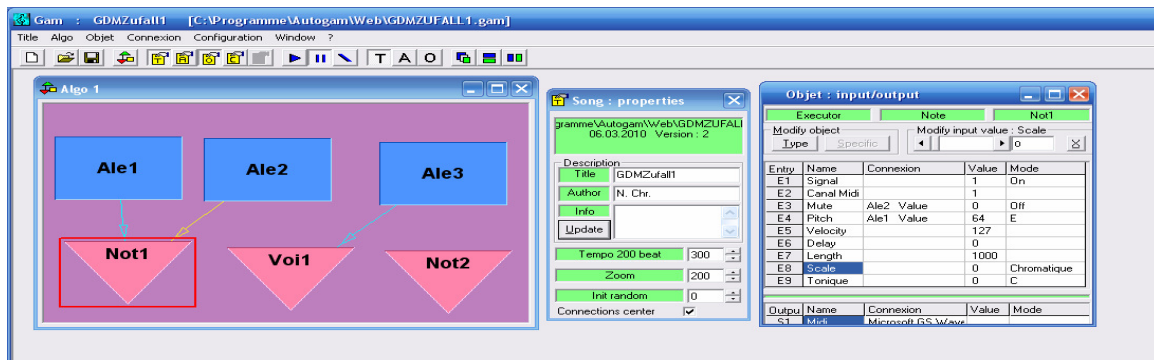
**Pd** (Pure Data) ist eine professionelle, leistungsstarke Programmiersprache zur elektronischen Klangverarbeitung. Sie ist open source, also frei im Internet erhältlich. Zu diesem Programm bietet Kreidler (2009) ebenfalls frei verfügbar ein Tutorium für das Selbststudium an, darauf sei hier verwiesen.

Aus Frankreich stammt der algorithmisch arbeitende MIDI-Musik-Generator **Autogam** von Bachmann (2001). AutoGam erlaubt musikalische Kompositionen ohne Kenntnisse der Musiktheorie, die Fähigkeit zum Spielen von Instrumenten ist nicht erforderlich. Der Computer wird als „universelle Musikmaschine“ (Prof. Enders, Osnabrück in einem Vortrag in KL) genutzt. Diese völlig freie Software kann mit vielen Beispielen aus dem Netz geladen werden. Dort ist auch eine (teilweise etwas holprige) englische Übersetzung verfügbar, für die Programmanweisungen kann also beim Start Englisch oder Französisch als Sprache gewählt werden. Sobald das (gehörte) Ergebnis zufriedenstellend ist, kann man dieses mittels MIDI-Export in ein Notendruckprogramm übertragen und dann die Partitur des entsprechenden Programmlaufes ausdrucken lassen.

Eine Komposition mit Autogam besteht aus einem oder mehreren „Algos“, die über eine grafisch orientierte Benutzeroberfläche erzeugt werden. Innerhalb der Algorithmen treten 4 Typengruppen von Objekten auf (*Trigger* zur Steuerung, *Generatoren* erzeugen z. B. Zufallszahlen, Zyklen, Sequenzen, Markovketten, *Operatoren* erlauben das Rechnen mit Werten, *Executoren* liefern z. B. die Töne). Diese kann man über Pfeile miteinander verbinden und dabei festlegen, welche Daten zu welchem Zweck von der Quelle ins Ziel des Pfeiles geschickt werden. Die Nutzung der Objekte

setzt teilweise mathematisches Verständnis voraus, z. B. über Wahrscheinlichkeiten und Zufallsgeneratoren (Bedeutung von Reset). Dies gilt insbesondere auch wegen der lückenhaften Dokumentation für das Erschließen der Eigenschaften von Objekten. Es wird empfohlen, anhand der zahlreichen verfügbaren Beispiele das Programm zu erkunden.

Hier ein einfaches Beispiel zur Erzeugung einer Zufallsmelodie:



Mittels Ale1 wird eine MIDI-Nummer (60-90) für die Tonhöhe erzeugt, Ale2 legt mit einem  $\{0,1\}$ -Generator fest, ob die Note gespielt wird, Ale3 liefert das zugehörige MIDI-Instrument (0-127), Not2 liefert einen festen Rhythmus. Die Einstellungsfenster für die Objekte werden mittels Mausklick geöffnet (Beispiel Not1 rechts), bei den Song-Eigenschaften kann auch das Tempo reguliert werden.

Weitere Materialien können beim Verfasser per Mail angefordert werden: [christmann@mathematik.uni-kl.de](mailto:christmann@mathematik.uni-kl.de)

## Literatur

- Baltenberger, A. (1996). *I. Xenakis und die stoch. Musik*, Haupt Bern usw. 1996
- Bachmann, Th. (2001). Autgam, Homepage: [http://autogam.free.fr/a\\_index.htm](http://autogam.free.fr/a_index.htm)
- Christmann, N. (1998). Skripten zur Fachdidaktik Band 6 des Fachb. Mathematik der Universität Kaiserslautern: *Mathematik in Verbindung mit Literatur, Philosophie und Musik*, darin: *Unterrichtsprojekte zum Themenkreis Stochastik und Musik*, 97-173
- Christmann, N. (2008). *Stochastik und Musik, einige Ansätze für fachübergreifenden Unterricht* in: Eichler, A./Meyer J. *Anregungen zum Stochastikunterricht Bd.4 (AK Stochastik in der Schule)*, Franzbecker Bad Salzdetfurth
- Christmann, N. (2009). MNU Tagung Regensburg: *Zufall und Musik*, TagungsCD (zus. mit Tagung der DPG) bei Lehmanns Fachbuchhandlung Berlin
- Kreidler, J. (2009): Programmierung Elektronischer Musik in PD, <http://www.pd-tutorial.com/german/index.html> (6. März 2010)
- PD-extended, siehe <http://puredata.info/> (6. März 2010)
- Xenakis, I. (1972). *Formalized Music, Thought and Mathematics in Composition*, Indiana University Press, Bloomington, London
- CD's Xenakis Chamber Music mit ST/4 und ST/10 bei EMI Classics 2010