
Iannis Xenakis
(1922-2001)
Geschichte und Technik
von
Musique Stochastique – ST

Jeff Schöner

IMPRS

Was ist ST?

- ST bezeichnet Musique Stochastique.
- ST ist nicht nur eine Komposition, sondern sieben komponiert durch das gleiche System.
- Die Kompositionen sind Januar 1962 angefangen und September beendet.
- Xenakis beschrieb ST zuerst in den vierten Kapitel (*Musique stochastique libre, á l'ordinateur*) seines Buches *Musique formelles* (1963).

Kompositionsnamen

- Jede Komposition hat einen Nummerncode in der Form von,
 $ST/i - f, d$
 - i ist die Anzahl Instrumente
 - f ist der Nummer der Fassung
 - d ist das Datum des Rechenlaufs
- z.B. ST/10 - 3,060962 ist eine dritte Fassung für zehn Instrumente, die 6. September 1962 komponiert wurde. Auch heißt sie *Atrées*.

Stochastique

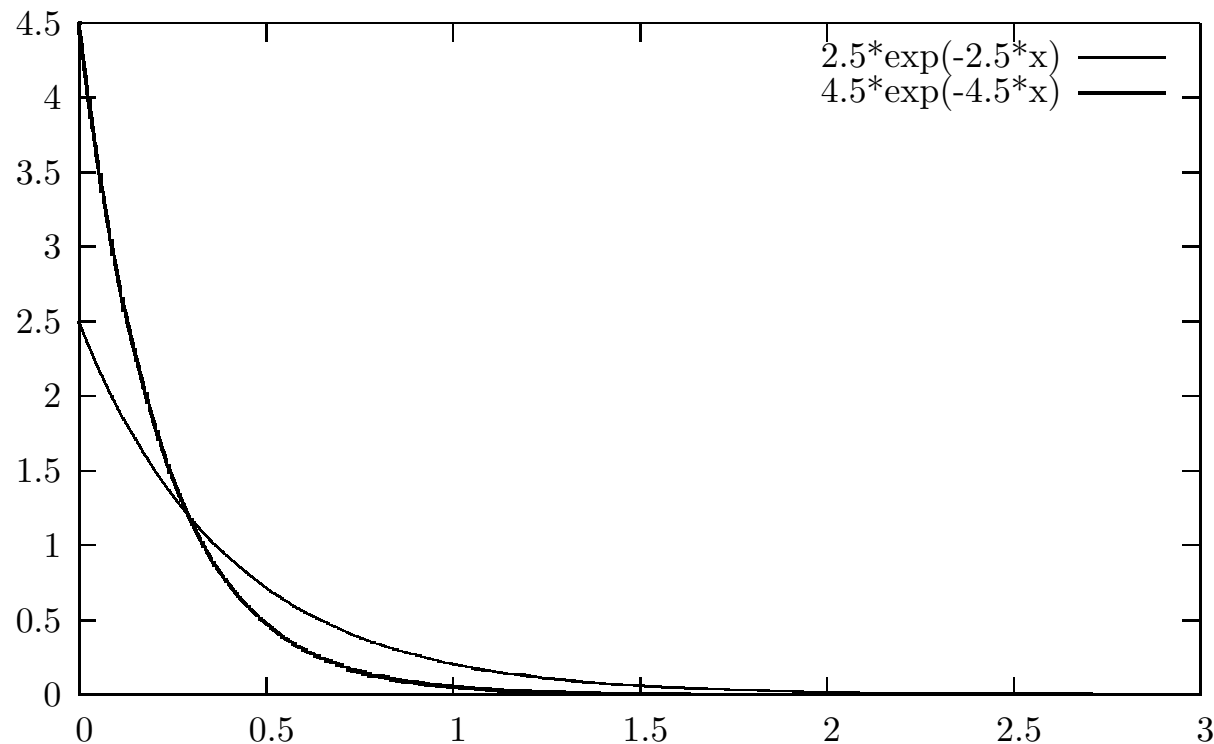
„Stochastik“, als moderner Sammelbegriff, umfasst in der Mathematik und Statistik alles, was mit Wahrscheinlichkeitsrechnung zu tun hat. Sie beschäftigt sich mit der mathematischen Analyse zufälliger Ereignisse und trägt damit zur Instrumentalisierung der erkannten Gesetzmässigkeiten zum Zwecke statistischer Untersuchung bei.

—Baltensperger

- Also wurden die ST Kompositionen durch Wahrscheinlichkeit geformt.

Dauern

- Die Dauern der Ereignisse (Ton, Klang) gehorchen der Exponentialverteilung.
- $P(x) = \delta \cdot e^{-\delta x}$
- Parameter δ heißt *Dichte*.



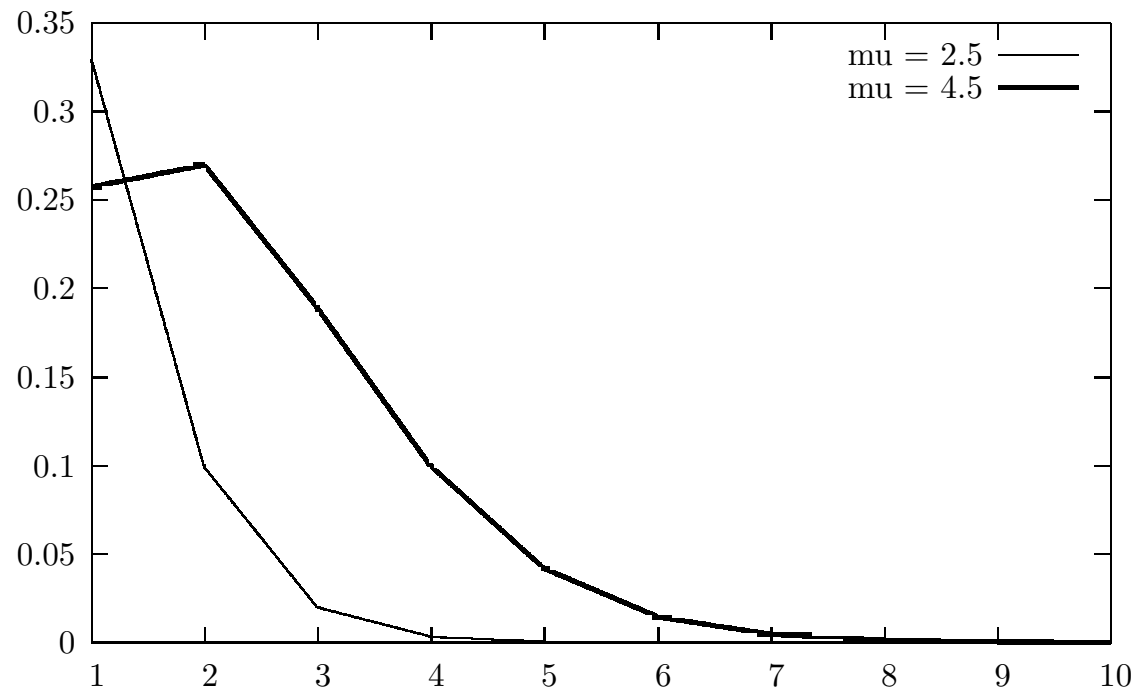
Wolken

- *Wolken* bestehen aus vielen zufällig verteilten Tonpunkten.
- Parameter 1: die Dichte, μ (Töne/sec)
- Parameter 2: die Intervalle, γ (Halbtönen)

Wolkendichte, μ

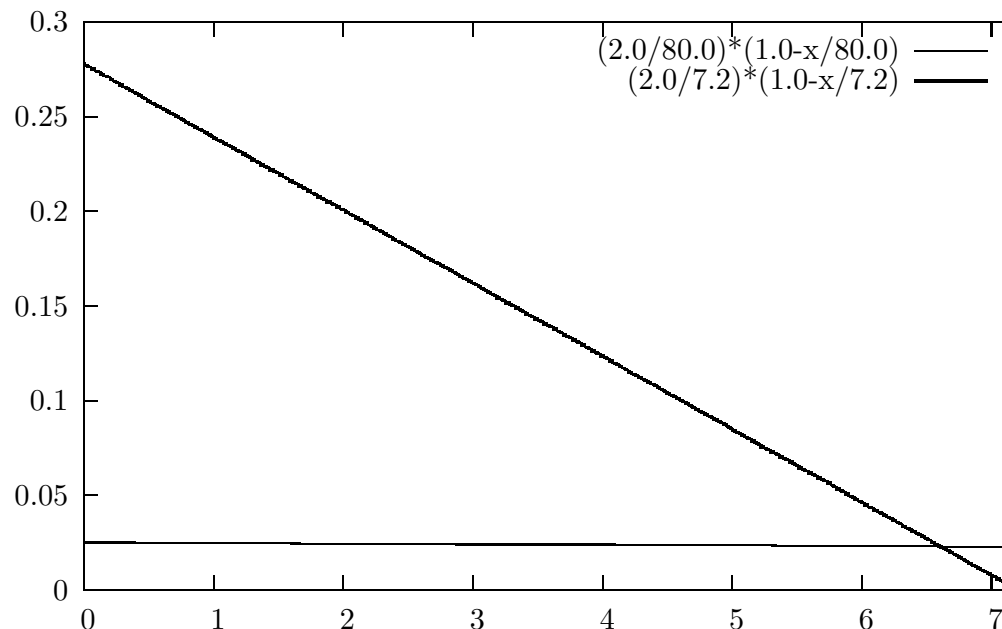
- Gehorcht die Poisson-Verteilung.
- Jede Wolke hat ihre eigene μ , die zufällig bestimmt wird. Es gibt μ_0 , die ein durchschnittlicher Wert für die ganze Komposition ist.

- $P(k) = \frac{\mu_0^k}{k!} e^{-\mu_0}$



Wolkentonhöhen, γ

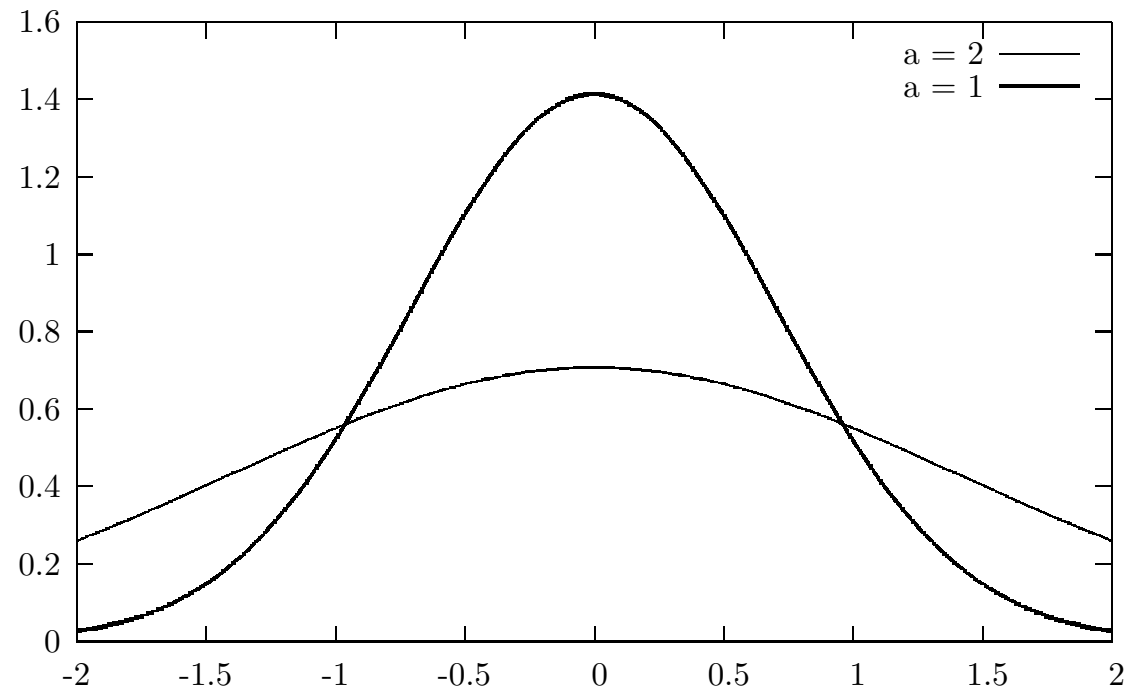
- Gehorchen der lineare Verteilung mit Parameter a (Maximumintervall)
- $\Theta(\gamma)d\gamma = \frac{2}{a}(1 - \frac{\gamma}{a})d\gamma$
- Auch benutzt eine binäre Variable, um zu bestimmen, ob der Ton steigt oder sinkt.



Glissando-Geschwindigkeiten

- Gehorchen die Normalverteilung mit Parameter a (Aggregats-Temperatur).
- „Temperatur“? Kinetische Gastheorie gehorcht die Normalverteilung, und ist die Inspiration von Xenakis.

- $f(v) = \frac{2}{a\sqrt{2}} \cdot e^{-\frac{v^2}{a^2}}$



Dynamik

- vier dynamische „Zonen“: *ppp*, *p*, *f*, *ff*
- 64 Kombinationen (von 3), aber nur 44 sind musikalisch unterscheidbaren
- jede Kombination hat die gleiche Wahrscheinlichkeit: $\frac{1}{44}$, also Gleichverteilung

Instrumentwahl

- Alle Klangfarben werden in ähnliche Klassen getrennt, die eindeutige Nummern bekommen.
- Zufällig wird einen Prozentwert für jede Klangfarben-Klasse (nach der linearen Verteilung) entschieden.
- Dieser Wert bestimmt, welchen Teil der Noten der Klangfarbegruppe spielt.
- Es gibt n Kugeln in einer Tasche: ein für jeden Ton, der möglich gespielt werden kann.
- Eine proportionale Anzahl der n Kugeln wurde zufällig jeder Klasse gegeben.

„Phases fondamentales d’une œuvre musicale“ / Komposition Prozess

Acht Phasen in zwei Teilen

Eerster Teil: Vorbereitung

1. ursprüngliche Idee (Conceptions initiales)
2. Definition der vorgesehenen klanglichen Elemente
(Définition d’êtres sonores)
3. Makrokomposition: Definition der Transformationen
(Définition des transformations)
4. Mikrokomposition: das vollständige mathematische
Modell definieren (Microcomposition)
5. sequentielle Programmierung des Modells
(Programmation séquentielle)

„Phases fondamentales d’une œuvre musicale“ / Komposition Prozess

Zweiter Teil: Fabrikation

6. Ausführung der Rechenoperationen (Effectuation des calculs)
7. Übertragung des numerisch ausgegebenen Resultates in Musiknotation (Résultat final symbolique)
8. klangliche Realisierung (Incarnation sonore)

Pseudocode

- *Konstanten, Tafeln berechnen*
- Sequenze (wiederholen bis genug Sequenzen)
 - Sequenzlänge (exponentialverteilt)
 - Mittlere Dichte (Poisson-verteilt)
 - Klangfarben Verteilung / Orchesterbesetzung
 - Ton (wiederholen bis genug Tönen)
 - Einsatzzeitpunkt (exponentialverteilt)
 - Instrumente („Kugeln in einer Tasche“)
 - Tonhöhe (linear verteilt)
 - Glissando-Geschwindigkeit (Normalverteilt)
 - Dauer (Normalverteilt)
 - Dynamik (Gleichverteilung)
- Ausdrücken, etc.

Anmerkung

- Für Dauer und Dynamik gibt es eine Tabelle, die Information über die Möglichkeiten jedes Instrumententes enthält.
- Wenn ein Dauer- oder Dynamikwert zufällig generiert wird, der nicht möglich gespielt werden kann, muß ein neuer generiert werden.

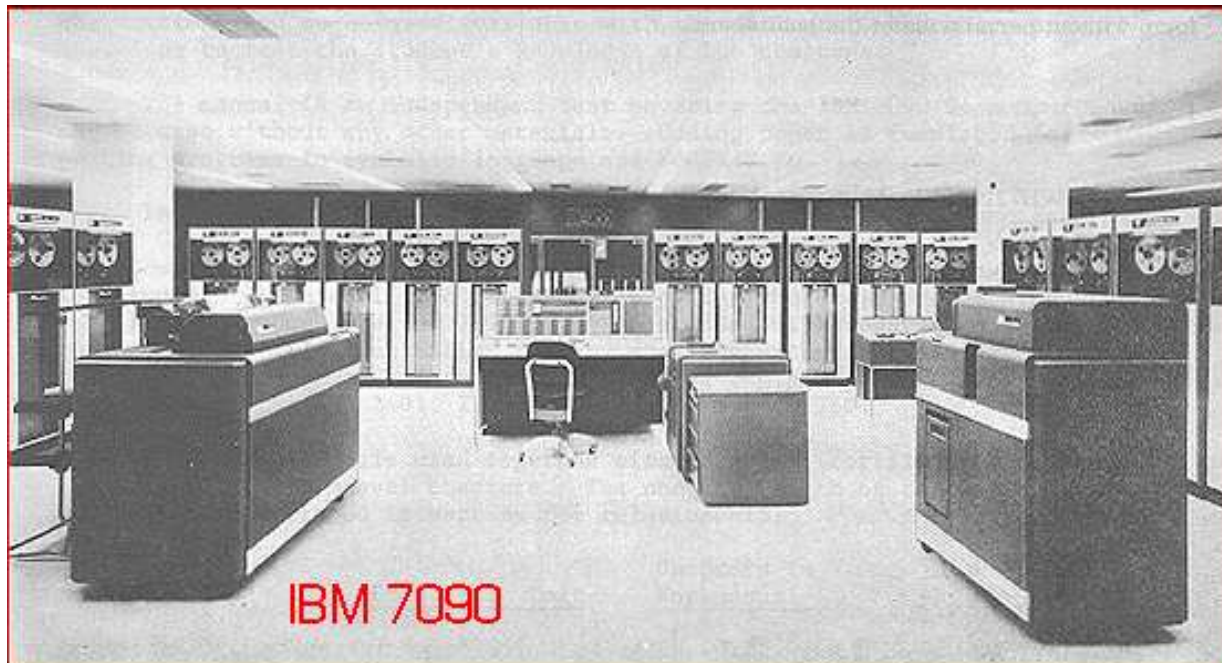
Realisation der Komposition: Software

- ST wurde mit der Programmiersprache FORTRAN programmiert.
- Weil eine Rechnung nur Sequential arbeiten kann, mußte alles sequentiell berechnet werden.
- Zudem wurde Funktionprogrammierung nicht benutzt, sondern sogenannte „spaghetti code“ mit viele gotos.
- Die Komposition wurde nicht in Echtzeit gespielt oder berechnet, sondern als Seiten von Nummern ausgedrückt und später zu Notenblätter überschrieben.

Realisation der Komposition: Hardware

IBM-7090

- Es wurde verwendet, um ST zu berechnen.
- Es kostete \$3.000.000, aber konnte für \$70.000 (\$450.000 mit heutigen Dollars) pro Monat gemietet werden. 32KB Speicher / 460kHz Prozessor



Literatur/Quellen

André Baltensperger, *Iannis Xenakis und die Stochastische Musik. Komposition im Spannungsfeld von Architektur und Mathematik*, Zürich, Paul Haupt, 1995, 709p. Kapitel III: „Musique Stochastique – ST“, Anhang: „Mathematische Excursen“
<http://www.frobenius.com/7090.htm>