

Generative Verfahren in musikalischer Komposition werden ebenso wie diejenigen in der gegenwärtigen Kunst und Ästhetik als regelgeleitete, von der subjektiven Entscheidung eines Künstlers befreite Verfahren verstanden. Sie gehen auf den Einsatz von Würfeln in Mozarts *Musikalischem Würfelspiel* aus dem 18. Jahrhundert zurück, in dem eine auf den bereits vorbereiteten 176 Takten basierende Komposition auf Grundlage von Zufallsprinzipien vervollständigt wurde.¹ Auch bei aleatorischen und stochastischen Verfahren sowie bei Verfahren von Unbestimmtheit (engl.: indeterminacy), die seit Mitte des 20. Jahrhunderts von Komponisten wie John Cage und Iannis Xenakis exploriert und eingesetzt wurden, spielen Zufallsoperationen eine wichtige Rolle. Sie finden ebenso Verwendung in aktuellen, auf generativen Verfahren basierenden Kompositionen. Die Rahmenbedingungen für zufallsbasierte Komposition werden meistens im Vorfeld festgelegt. Dabei können bestimmte musikalische Parameter wie zum Beispiel Tonhöhe, Lautstärke oder Tondauer eine Rolle spielen, auch wenn der weitere musikalische Verlauf nicht determiniert wird.

Um komplexe regelgeleitete Verfahren für musikalische Kompositionen zu ermöglichen, fungiert ein Algorithmus als Grundlage. In ihm sind aus einer endlichen Menge von Regeln bestehende Handlungsanweisungen festgelegt.² Vollständig algorithmisierte Verfahren zur Generierung und Verarbeitung musikalischer Klänge verdanken ihre Erfindung der synthetischen Erzeugung von Klängen mittels algorithmischer Berechnung in den 1950er Jahren. Um Klänge ausschließlich algorithmisch generieren zu können, ist es erforderlich, die Anzahl und Eigenschaften der Parameter, die als Steuerungsparameter zur digitalen Klangsynthese – wie zum Beispiel Frequenz, Amplitude und Dauer – dienen sollen, durch eine Folge von Zahlen zu beschreiben und Algorithmen für einen Computer mit Hilfe von Programmiersprachen zu codieren.

Bemerkenswert ist, dass im ersten Stadium der Algorithmisierung musikalischer Klänge mittels des Computers der regelgeleitete Aspekt generativer Verfahren ins Zentrum der Forschung und Komposition rückt. Die Verfahren der algorithmischen Klangsynthese schließen nicht aus, dass die hervorgebrachten Kompositionen von der subjektiven Entscheidung und Kontrolle des Komponisten frei sind. In der Praxis entsteht eine Vielzahl unvorhersehbarer und prozesshafter Kompositionen erst durch Interaktion. Die algorithmische Klanggenerierung und -verarbeitung geht eine Verbindung mit anderen Prozessbeteiligten ein, zum Beispiel mit dem Komponisten oder

Jin Hyun Kim

Prozesshaftigkeit und Unvorhersehbarkeit

Von geschlossenen virtuellen Musikinstrumenten zur interaktiven Klangprogrammierung

den Betrachtern von Installationen. Aber auch Programmeinheiten können untereinander interagieren. Doch wodurch zeichnet sich die Interaktivität eigentlich aus und worin besteht der Unterschied zwischen interaktiven und nicht-interaktiven generativen Verfahren?

Geschlossene Verfahren

Nach dem amerikanischen Informatiker Peter Wegner dienen die auf einer Maschine ausgeführten Programme dazu, eine Eingabe, das heißt Argumente, in eine Ausgabe, das heißt Werte, zu transformieren. In diesem Zusammenhang sind Programme Beschreibungen der Algorithmen, die berechenbare Funktionen realisieren. Dabei fungieren Algorithmen, die die im Voraus determinierte Eingabe ohne Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufs und unabhängig vom Kontext in die Ausgabe transformieren, als Ergebnis der Berechnung von identisch reproduzierbaren Regeln. Solche Algorithmen sichern die identische Wiederholung der durch die Berechnung transformierten Ausgabe-Ergebnisse. Wegner bezeichnet das auf dem beschriebenen Prinzip basierende Modell einer aktions- und verfahrensorientierten Programmierung in den 1950er und 1960er Jahren als »algorithmic computing« (algorithmische Berechnung)³. Diese zeichne sich insofern durch Nicht-Interaktivität aus, als sie in einem geschlossenen System erfolge, welches von Faktoren der systemexternen Umwelt nicht beeinflusst werde. Ein interaktives System aber soll externe Eingriffe während des Berechnungsprozesses zulassen.⁴

Erste Computerprogramme zur Klangsynthese, die in den 1950er und 1960er Jahren entwickelt worden sind, fallen in die Kategorie nicht-interaktiver Systeme: Die Eingabe ist vor dem Beginn der Berechnung vollständig determiniert und der Berechnungsprozess ist von Eingabe und Ausgabe abgekoppelt, sodass dabei kaum ein Austausch mit der Umgebung zustande kommt. Dementsprechend erlauben es erste generative Verfahren der Algorithmisierung musikalischer Klänge durch Computerprogramme dem Computer

1 Vgl. Gerhard Hauptenthal, *Geschichte der Würfelmusik in Beispielen*, 2 Bände. Saarbrücken, Univ., Diss. 1994.

2 Vgl. D. Harel/Y. Feldman, *Algorithmik. Die Kunst des Rechnens*, Berlin: Springer 2006, S. 21.

3 P. Wegner, *The Paradigm Shift from Algorithms to Interaction*, 1996, unter: <http://jeffsu-therland.com/papers/wegacm.pdf>.

4 Vgl. Ebd.; siehe für eine ausführliche Diskussion J. H. Kim, *Embodiment in interaktiven Musik- und Medienperformances – unter besonderer Berücksichtigung medientheoretischer und kognitions-wissenschaftlicher Perspektiven*, Osnabrück: epOs 2012, Kap. 2.2.2.

nicht, als ein wahrhaft interaktives Musikinstrument zu fungieren. Es handelt sich eher um ein geschlossenes Musikinstrument. Erst die sogenannten interaktiven Musiksysteme, deren Entwicklung durch die Einführung des Mikroprozessors ermöglicht wurde und die sich seit den 1980er Jahren im Zuge der Entwicklung von Protokollen zur Kommunikation digitaler Daten intensivierten, ließen performative Aktionen des Musikers als Steuerungsparameter zur algorithmischen Klangsynthese zu. Diese ersten interaktiven Musiksysteme basierten allerdings auf dem Prinzip eines in der Forschung der traditionellen Künstlichen Intelligenz (KI) entwickelten Systems, das keine wahrhafte Interaktion ermöglicht. Das sogenannte Score-Following-Verfahren erlaubt es dem Computersystem, musikalische Live-Aufführungen eines Instrumentalisten als Eingabe-Daten zu verfolgen. Dabei wird das Wissen des Computers – in diesem Fall die im Voraus gespeicherte Partitur – mit den Eingabedaten verglichen, um Klangereignisse algorithmisch zu generieren und zu verarbeiten.⁵ Die sich als Reaktion auf Eingabe-Ereignisse ergebende Ausgabe wird in der Verarbeitungsphase bestimmt. Diese ist von der Erfassungs- und Reaktionsphase abgekoppelt und isoliert. Infolgedessen erweisen sich wissensbasierte interaktive Musiksysteme trotz ihrer Bezeichnung als nicht-interaktive bzw. geschlossene Systeme.

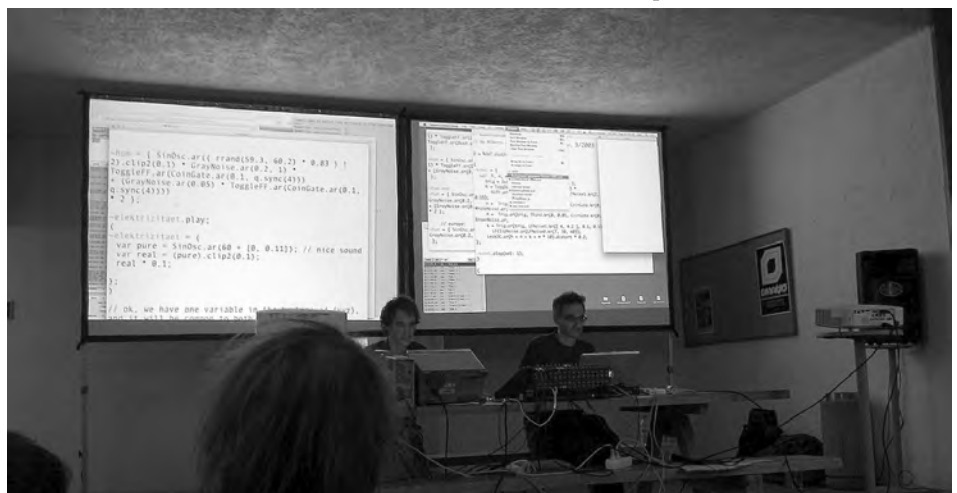
6 Nicolas Collins, et al., *Live Coding Techniques for Laptop Performance*, in: *Organised Sound* 8/3 (2003), S. 321-330.

5 Vgl. R. Rowe, *Interactive Music Systems: Machine Listening and Composing*, Cambridge, MA: MIT Press 1993.

Interesses steht dabei die auf Live-Coding basierende Erzeugung und Verarbeitung von Klang- und Bildereignissen. Live-Coding ist eine Programmierung, die im Kontext digitaler Musik und Medienkunst nicht nur als Mittel zur Gestaltung audiovisueller Ereignisse dient, sondern auch als eine neue Form der New Media Performance fungiert. Dabei handelt es sich um die Programmierung, die die Klänge und bewegten Bilder generiert und verarbeitet, während die Programme ablaufen; sie wird deshalb als »interaktive Programmierung« bezeichnet.⁶

Das Live-Coding erfolgt meistens in Form einer kooperativen oder wettbewerbsartigen Programmierung, die sich paarweise oder in Gruppenkonstellationen realisieren lässt. So bildeten sich Communities einer für Live-Coding geeigneten beziehungsweise entwickelten Programmiersprache wie *Chuck* und *SuperCollider* heraus und es entstanden Künstlergruppen, die aus zwei oder mehreren Live-Codern bestehen. Dabei können Klang- und Bildereignisse nur in einer *situativen* und *emergenten* Weise generiert und verarbeitet werden. Mit situativ ist gemeint, dass der Akt des Live-Codings in die entsprechende Situation eingebettet ist, die die soziokulturelle Umgebung, den Kontext der Komposition und die Gruppenkonstellationen umfasst. Bei der Programmierung ist jeder Programmierer darauf angewiesen, sich der entsprechenden Situation anzupassen und kontext-sensitiv

Szene aus einer der auf Live-Coding – unter Einsatz von SuperCollider – basierenden, performativen Komposition von Alberto de Campo (rechts) und Julian Röhrhuber (2012) (Foto: Dave Griffiths)



Interaktive Verfahren

Unter Berücksichtigung der Entwicklung diverser interaktiver Verfahren zur synthetischen Erzeugung und Verarbeitung musikalischer Klangereignisse und eines musikalischen Verhaltens – einschließlich musikalisch relevanter körperlicher Gesten und musikalischer Interaktion – lässt sich allmählich die Transformation generativer Verfahren in musikalische Komposition feststellen. Im Fokus des

zu agieren und zu reagieren, während die Programme geschrieben werden. Emergent bezieht sich auf die Ereignisse, die im Akt des Live-Codings nicht nach präexistenter Intention und vorbestimmter Planung, sondern nach der Logik der Interaktion generiert und verarbeitet werden. So wird ein zu komponierendes beziehungsweise zu gestaltendes Musikstück erst auf der Bühne durch Live-Coding hervorgebracht (siehe Abb).

Bei der interaktiven Programmierung werden außer der Dynamik, die sich aus den jeweiligen Gruppenprogrammierungen ergibt, bestimmte generative Verfahren eingesetzt, die die Phänomene der Emergenz ermöglichen. Dazu gehören zum Beispiel Verfahren, die auf den als Künstliche Neuronale Netze (KNN) bezeichneten, vereinfachten Modellen neuronaler Zellenverbände des Gehirns und ihren Lernregeln basieren. Zu nennen ist hier ebenso das als bottom-up bezeichnete Verfahren des Künstlichen Lebens (KL), das das lebendige Verhalten eines Systems höherer Ordnung erzeugt, welches aus untereinander interagierenden simplen Prozessen emergiert. Durch solche Verfahren erfolgt die Transformation von den Eingabe- in die Ausgabe-Ereignisse nicht eindeutig, sondern kontext-sensitiv oder/und dynamisch.

Unvorhersehbarkeit und Prozesshaftigkeit

Den Kern der generativen Verfahren, die unter Einsatz der interaktiven Programmierung verwendet werden und neue Kunstformen entstehen lassen, stellt die Unvorhersehbarkeit dar. Sie ist bedingt durch ein über die algorithmische Berechnung hinausgehendes interaktives System. Ein solcher, nicht-geschlossenes Systemen unterliegender Algorithmus ergibt nicht automatisch immer dieselbe Ausgabe aus einer Eingabe, sodass beispielsweise eine Melodie- oder Rhythmusstruktur nicht determiniert werden kann. Darüber hinaus sind externe Eingriffe während der Berechnung zwar möglich, aber es bleibt unvorhersehbar, in welche Richtung sich der weitere Verlauf entwickeln wird. Im Zusammenhang mit der Unvorhersehbarkeit steht die Prozesshaftigkeit, die bei der interaktiven Programmierung als ein Prinzip der künstlerischen Gestaltung dient.

Da die Prozesshaftigkeit in die in Echtzeit ablaufenden Gestaltungsprozesse integriert ist, unterliegen diese meistens keiner intendierten Kontrolle der Gestalter. Bei der früheren stochastischen Musik von Iannis Xenakis wie zum Beispiel *Gendy 3* (1991) konnten die Ergebnisse der stochastischen Verfahren nachträglich überprüft, die besten Produkte ausgewählt und die Verfahren modifiziert werden, um eine Komposition zu vervollständigen. In der gegenwärtigen interaktiven Musik wird hingegen ein von der distribuierten Handlungsmacht ausübender externer Eingriff gewährleistet. Dabei wird kein intentionales handelndes Subjekt vorausgesetzt, sondern sowohl den Programmierern als auch den Programmen eine symmetrische Handlungsmacht

zugeschrieben. Die Kompositions- und Gestaltungsprozesse bringen zum Teil unerwartete technische Störungen mit sich, die einen Bestandteil der interaktiven Musik darstellen.

Trotz der Unvorhersehbarkeit und Prozesshaftigkeit der Gestaltungsprozesse, die die gegenwärtigen generativen Verfahren auszeichnen, berichten die Komponisten vom ästhetischen Erleben, dessen Einheit durch interaktive Komposition konstituiert wird.⁷ Die Frage, wie die Einheit ästhetischen Erlebens überhaupt konstituiert wird, schließt prozessual gerichtete, intramentale Tätigkeiten wie Aufmerksamkeit, Erinnerung und Antizipation ein, die in der Musikphilosophie spätestens seit Augustinus mit musikalischen Gestaltungsprozessen in Verbindung gebracht werden.⁸ In Bezug auf interaktive Komposition wäre darüber hinaus auch die Frage nach der Koordination von Wahrnehmung und Handlung von Bedeutung, von welcher die Komposition ständig begleitet wird, ohne dass sie nachträglich überarbeitet wird. Eine Forschungsfrage wäre, ob es Prozesse der Kopplung von Wahrnehmung und Handlung gibt, die interaktiver Komposition zugrunde liegen. Jüngere neuroästhetische Untersuchungen zu neuronalen Mechanismen, die der Kopplung von Handlung und Wahrnehmung unterliegen, deuten darauf hin, dass solche Prozesse nicht notwendigerweise durch Begriffe vermittelt sind, aber als Basis eines Wahrnehmungs- oder Handlungsvorgangs dienen.⁹ Wenn diese Frage affirmativ beantwortet werden würde, wäre dem ästhetischen Erleben interaktiver Musik kein Sonderstatus einzuräumen, sondern eher eine zugespitzte Form des von Anbeginn an prozessualen Musikerlebens zuzuschreiben. ■

7 Die Hauptuntersuchungsperspektiven einer der laufenden Interview-Studien der Autorin richten sich auf die Frage nach dem ästhetischen Erleben, dessen Einheit im Zuge interaktiver Komposition konstituiert wird.

8 Vgl. S. Wulf, *Zeit der Musik: Vom Hören der Wahrheit in Augustinus' De Musica*, Karl Alber: Freiburg/München 2013.

9 Vgl. B. Calvo-Merino, *Neural mechanisms for seeing dance*, in: B. Bläsing/M. Puttke/T. Schack (Hgg.), *The neurocognition of dance: Mind, movement and motor skills*, New York: Psychology Press, 2010, S. 153-176; Di Dio, C./V. Gallese, *Neuroaesthetics: A review*, *Current Opinion in Neurobiology*, 19 (2009): 682-687; D. Freedberg/V. Gallese, *Motion, emotion, and empathy in esthetic experience*, in: *Trends in Cognitive Sciences* 11/5 (1997):197-203; C. Jola /A. Davis/P. Haggard, *Proprioceptive integration and body representation: insights into dancers' expertise*, in: *Experimental Brain Research* 213/2-3 (2011): 257-265.