

Algorithmische Komposition

Ist der Mensch als Komponist abgelöst?

Essay für das Proseminar Wissenschaftliches
Arbeiten im WS 11/12

Abstract

Bereits in der Antike war bekannt, dass Musik und Harmonie mathematische Strukturen zugrundeliegen. Die Komposition von Musik wurde jedoch nicht von Mathematikern übernommen, geschweige denn von Rechenmaschinen. Eine erste Entwicklung in diese Richtung waren verschiedene im 18. Jahrhundert veröffentlichte Kompositionsanleitungen, bei denen Takte durch Werfen von Würfeln ausgewählt wurden. Die entstehenden Musikstücke waren also nur in einem sehr begrenzten Sinne neue Kompositionen.

Tatsächlich sind Musikrichtungen, die sich so strenger Kompositionsregeln bedienen, wie beispielsweise die Klassik oder die Musik des Barock, leichter algorithmisch zu erzeugen. So ist es heute problemlos möglich, mittels eines Computers Musik im Stil von Mozart oder Bach zu komponieren. Die Möglichkeiten bei der Implementierung eines solchen Kompositionssystems werden wir später betrachten.

Spätere Musikrichtungen wie der Jazz sind deutlich freier in ihren Kompositionsregeln und erlauben daher nicht die Anwendung solcher starrer Schemata. Hierfür kommen eher die nichtdeterministischen Verfahren in Betracht, wie wir weiterhin sehen werden. Insgesamt sind diese Verfahren allerdings bei weitem nicht ausgereift genug, um menschliche Komposition zu ersetzen.

Deterministische und statistische Verfahren

Bei der Aufgabe, Musik im Stile eines bestimmten Komponisten zu erzeugen, lässt sich entweder ein regelbasierter oder ein statistischer Ansatz verwenden. Gerade für den Barock oder die (strenge) Klassik genügt es unter Umständen, bestimmte Regeln zu definieren, die ein Computersystem dann aufgrund pseudozufälliger Parameter auswertet. Der statistische Ansatz lässt sich zum Beispiel durch *Markow-Ketten* realisieren. Dabei untersucht man, wie wahrscheinlich bestimmte Folgen von Noten sind. Das entstehende Musikstück hat dann ähnliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen wie die Vorlage.

Die bisher besprochenen Verfahren liefern zwar in bestimmten Bereichen hinreichend gute Ergebnisse, setzen aber dabei entweder einige Zufallsparameter in einen deterministischen Algorithmus ein oder imitieren durch rein statistische Evaluation einen bestimmten Stil. Weder lassen sich dadurch die kreativen Prozesse eines Komponisten ersetzen, noch kann etwas wirklich neues geschaffen werden. Während die erste Variante es erfordert, dass jemand ein starres Schema vorgibt, nach dem Musik erzeugt wird, und somit alle möglichen Ergebnisse quasi schon in diesem Schema angelegt sind, ist die zweite von der als Muster verwendeten Musik abhängig. Ohne eine vorgegebene Komposition entsteht keine neue Musik, ein Programm, das die Musik von Johann Sebastian Bach als Eingabe erhält, wird nie auf die Idee kommen, ein Blues-Stück zu komponieren.

Nichtdeterministische Verfahren

Es liegt daher nahe, Musik mit nichtdeterministischen Verfahren zu erzeugen. Dabei generiert man unter Ausnutzung der Tatsache, dass heutige Computer in gewissen Bereichen Effizienz durch Rechenkapazität kompensieren können, mehr Musik als eigentlich nötig, und bewertet sie dann anhand einer sogenannten *Fitness function*. [81] Das algorithmisch am wenigsten raffinierte Verfahren wäre die Erzeugung sämtlicher Musikstücke bis zu einer gewissen Länge für ein bestimmtes Notationssystem. Allerdings liegt dies außerhalb des technisch Realisierbaren.

Ein oft verwendetes und damit naheliegendes Verfahren ist die Verwendung sogenannter Genetischer Algorithmen. Dabei werden natürliche Evolutionsprozesse nachgeahmt. Durch *Rekombination* bestehender Stücke und durch Einfließenlassen zufälliger Veränderungen (*Mutation*) werden schrittweise neue Musikstücke erzeugt, die durch die Fitness function bewertet werden. Im nächsten Schritt (in der nächsten *Generation*) werden nur die am besten bewerteten Musikstücke wiederverwendet. So entwickelt sich theoretisch völlig neue Musik, die in jedem Rechenschritt besser klingt. Allerdings ist zum einen der Rechenaufwand teilweise immer noch viel zu hoch, was darin begründet liegt, dass evolutionäre Lösungsverfahren oft viele tausend Generationen benötigen, bis sie ein zufriedenstellendes Ergebnis liefern. Zum anderen besteht die Gefahr, dass sich das Ergebnis nie weit genug vom ursprünglichen Musikstück entfernt, da möglicherweise alle Stücke, die sich zu weit vom Original entfernen, von der Fitness function für *unfit* befunden werden, bevor sie sich so weit von der Vorlage gelöst haben,

dass sie wieder gut klingen (dies wäre bei einem Wechsel des Musikstils ein ernstzunehmendes Problem).

Ein weniger offensichtliches Verfahren ist die Verwendung von Swarming/Pathfinding-Algorithmen. [82] Hierfür ist es zunächst wichtig, sich klarzumachen, dass man die Menge aller erzeugbaren Musikstücke als geometrischen Raum auffassen kann, dies wird als der *Phasenraum* bezeichnet. Ein Musikstück ist also nun ein Punkt in diesem Raum und ähnliche Stücke liegen näher beisammen als unterschiedliche. Hierfür ist eine Funktion erforderlich, die jedem Stück seine Koordinaten zuordnet. Die Qualität einer im Pathfinding-Verfahren erzeugten Komposition hängt also maßgeblich davon ab, wie geschickt der Phasenraum geordnet wurde.

Um nun ausgehend von bestimmten Musikstücken, also vorgegebenen Punkten im Phasenraum, ein neues Stück zu erzeugen, kann man sich des Prinzips der Schwarmintelligenz bedienen. Dabei erzeugt man eine gewisse Anzahl von *Agenten*, die sich innerhalb des Phasenraums bewegen können und somit durch ihre Position ein Musikstück repräsentieren. Diese Agenten organisiert man als Schwarm, d. h., man gibt ihnen vor, ihre Bewegung und Position abhängig von der ihrer Nachbarn zu machen. Zusätzlich definiert man sogenannte *Attraktoren*, vorgegebene Musikstücke, die man im Phasenraum platziert und die die Schwarmagenten anlocken. [103] Eine Analogie aus der Natur wäre, an verschiedenen Stellen Futter im Wasser zu deponieren und dann das Verhalten eines Fischeschwarms zu beobachten. Für eine eingehende Besprechung der zugrundeliegenden mathematischen Modelle sei auf entsprechende Literatur verwiesen, die Problemstellung ist tatsächlich

keine andere als die der Beschreibung des Verhaltens eines Schwarms in einem beliebigen geometrischen Raum.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen auf der Hand: Die verwendeten mathematischen Strukturen sind wohlbekannt und somit muss lediglich die Abbildung der Musikstücke in einen geometrischen Raum vorgenommen werden. Diese ist jedoch unter Umständen noch schwieriger als das Aufstellen einer Fitness function. [83]

Fitness function

Eine Fitness function für sämtliche Musikstile aufzustellen, die dem menschlichen Gehörempfinden entspricht, ist ein sehr komplexes Problem. Es ist unklar, welche Merkmale entscheiden, dass wir *beliebige* Musik als ästhetisch wahrnehmen. In der Praxis beschränkt man sich tatsächlich darauf, eine bestimmte Musikrichtung zu betrachten, und die Übereinstimmung mit bestimmten Merkmalen zu bewerten.

Fazit

Allen in dieser Arbeit betrachteten Verfahren ist gemeinsam, dass sie sich nur dann produktiv anwenden lassen, wenn man sie auf einen kleinen Teilbereich von Musik beschränkt. Daher kann man noch nicht wirklich davon sprechen, dass durch algorithmische Verfahren der Mensch als Komponist abgelöst werden kann. Gerade in der modernen Musik ist die Diversität der Stücke zu groß, um sie mit einem solchen Verfahren zu erzeugen. Abschließend lässt sich sagen, dass die algorithmische Komposition noch zu sehr in den Kinderschuhen steckt, um menschliche Kreativität zu ersetzen, sich jedoch für bestimmte, eingeschränkte Problemstellungen durchaus verwenden lässt.

Quellen

- Juan Romero, Penousal Machado (Hg.), The Art of Artificial Evolution. A Handbook on Evolutionary Art and Music. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008