

Hanno Ehrler

Max, Coppelia, Eliza

Komponieren mit künstlicher Intelligenz

Musik 1

Cope/EMI: „Mazurka“ --- 0'58''

Sprecher 1

Computer können, offensichtlich, komponieren, denn der Autor dieser Mazurka ist kein Mensch, sondern ein Computerprogramm.

Beim Komponieren greifen Sachwissen, logisches Kombinieren, Erfahrung und Kreativität ineinander, eine exemplarische Leistung menschlicher Intelligenz. Muß dann auch der Computer „intelligent“ genannt werden, wenn er, offensichtlich, komponieren kann?

Sprecher 2

Computer sind zunächst Maschinen für umfangreiche Tabellenkalkulationen und komplexe mathematische Berechnungen. Auch wenn man in ihnen Wunderwerke der Logik und der Technik sieht, sind sie einfache Werkzeuge der Datenverarbeitung, die Input, gesteuert durch ein Programm, in Output verwandeln. Ihre Unschuld verlieren diese Werkzeuge durch eine zunächst unscheinbar wirkende Idee: das gespeicherte Programm. Mit ihm weisen sie erstaunliche „intellektuelle Fähigkeiten“ auf, wenn sie etwa einen erstklassigen Schachspieler auf dessen ureigenster Domäne schlagen oder riesige Gleichungssysteme lösen.

Musik 2

Barlow: „Variazioni“ (ca. 30'' frei, unterlegen)

1. O-Ton Barlow --- 1'08''

2'01'35'' Was passiert in dem Stück ist: ein Pianist kommt auf die Bühne, setzt sich ans Klavier und spielt die Arietta, das Thema nämlich aus dem zweiten Satz der letzten Beethoven-Sonate. Und nachdem er das Thema einmal durchgespielt hat, merkt er, daß das Klavier einige Töne gespielt hat, die nicht von ihm kamen. So erstmal bißchen pikiert spielt er das Thema nochmal, und das Klavier spielt noch mehr, bis es zu irgendeinem Punkt kommt, daß er das Spielen aufgeben muß, weil das Klavier soviel spielt, daß er sich in Ecke begibt und das Klavier von dort aus betrachtet, beobachtet. Ganz am Ende, nachdem eine riesige Reise zurückgelegt worden ist, er ist an einem Punkt, wo er merkt, daß das Klavier sich verausgabt hat und nicht mehr in der Lage ist, Kreatives zu machen. Es verharrt auf einem Tremolo. So kommt dann der Pianist zurück, greift in die Tasten selber ein, und da wird das Klavier ganz brav und spielt eine leichte Begleitung zu dem Beethoven-Thema, so wie ganz wie am Anfang, bis zum Ende noch einmal das Thema, und dann ist das Stück vorbei.

Musik 2

Barlow: „Variazioni“ bis ca. 2'00''

Sprecher 1

„Variazioni e pianoforte mecanico“ vom Kölner Komponisten Klarenz Barlow erfordert zwei Interpreten: einen Pianisten und einen Computer, dieser gefüttert mit Barlows Programm AUTOBUSK. AUTOBUSK produziert auf der Basis der Beethoven-Sonate op. 111 Variationen des musikalischen Materials. Algorithmen steuern das Spiel des Computers, mathematische Funktionen, die vorgeben, wann welche Töne des Klaviers anzuschlagen sind, was also außer dem Part des Pianisten noch erklingen soll. Hier bleibt der Mensch, der die Algorithmen entwirft, der Komponist und der Computer sein gewandtes Werkzeug.

Aber AUTOBUSK kann mehr. Die konkreten Tonhöhen der musikalischen Struktur, die AUTOBUSK berechnet, unterliegen einem Zufallsprogramm. Welche Töne genau gewählt werden sollen, ist nur in Wahrscheinlichkeiten angegeben. Jedesmal also, wenn der Computer das Stück spielt, wird das Ergebnis ein anderes sein. Die Maschine übernimmt kompositorische Entscheidungen.

Der Hörer, der das vom Computer gespielte Klavier auf der Bühne sieht, weiß nicht, was der Computer wirklich macht, ob er nur vorgegebenes Material abspielt oder ob er tatsächlich komponiert. Komponieren und die Simulation von Komponieren lassen sich nicht unterscheiden.

2. O-Ton Barlow --- 0'26''

1'53'58'' Man kann den Computer so weit bringen, daß er den Eindruck erweckt, es wäre ein Lebewesen, es wäre eine Intelligenz dahinter, und auf jeden Fall, wenn es soweit ist, dann ist es auch so, denn man kann ja auch nicht davon ausgehen, daß ein Mensch unbedingt anders ist als ein Computer, ein Mensch ist vielleicht ein sehr sehr komplizierter Computer, also wenn man wüßte wie der Mensch gebaut ist, könnte man ihn vielleicht nachbauen, und dann hätte man so was.

Sprecher 2

Kann ein digitaler Computer so programmiert werden, daß ein mit ihm in Kontakt tretender Mensch, der nicht weiß, daß er sich mit einer Maschine unterhält, zu der Auffassung kommen muß, sein Gesprächspartner denke? Zur Untersuchung dieser Frage schlägt der englische Mathematiker Alan Turing folgenden Test vor: in einem abgeschlossenen Raum sitzt ein Mensch vor einem Terminal, und in einem anderen Raum steht der entsprechend programmierte Computer; er wird beispielsweise mit dem in den sechziger Jahren vom Computerwissenschaftler Joseph Weizenbaum geschriebenen Programm ELIZA gefüttert. Die Testperson weiß nicht, ob es sich bei ihrem Gegenüber um einen Computer oder einen Menschen handelt. Innerhalb einer bestimmten Zeit soll sie, einzig auf die Interpretation der auf ihrem Terminal erscheinenden Antworten gestützt, entscheiden, ob der Anschluß mit einem Computer oder einem Menschen verbunden ist.

Sprecher 3 und 4 (4 = Computerstimme)

- 3 Die Frauen sind alle gleich.
- 4 In welcher Weise?
- 3 Sie machen uns immer wegen irgendwas verrückt.
- 4 Können Sie ein Beispiel nennen?
- 3 Na ja, die Idee zu diesem Gespräch stammt von meiner Freundin.
- 4 Die Idee zu diesem Gespräch stammt von ihrer Freundin?
- 3 Sie sagt, daß ich oft deprimiert bin.

- 4 Es tut mir leid, von Ihnen zu hören, daß Sie deprimiert sind.
- 3 Das stimmt, ich bin unglücklich.
- 4 Glauben Sie, daß dieses Gespräch Ihnen hilft, nicht mehr unglücklich zu sein?
- 3 Ich brauche jedenfalls Hilfe, das steht fest.
- 4 Was würde es für Sie bedeuten, Hilfe zu bekommen?
- 3 Vielleicht könnte ich lernen, mit meiner Mutter auszukommen.
- 4 Erzählen Sie mir mehr über Ihre Familie.
- 3 Meine Mutter erledigt alles für mich.
- 4 Wer in Ihrer Familie erledigt noch alles für Sie?
- 3 Mein Vater.
- 4 Ihr Vater!
- 3 Sie sind ein wenig wie mein Vater.
- 4 Welche Ähnlichkeiten sehen Sie?
- 3 Sie sind nicht besonders aggressiv, aber ich glaube, Sie möchten nicht, daß ich das beachte.
- 4 Was läßt Sie vermuten, daß ich nicht sehr aggressiv bin?
- 3 Sie streiten nicht mit mir.
- 4 Wieso glauben Sie, daß ich nicht mit Ihnen streite?
- 3 Vielleicht weil Sie Angst vor mir haben?
- 4 Macht Ihnen der Gedanke Spaß, daß ich vor Ihnen Angst habe?
- 3 Mein Vater hat vor jedem Angst.
- 4 Was fällt Ihnen noch ein, wenn Sie an Ihren Vater denken?
- 3 Angeber.
- 4 Hat das etwas damit zu tun, daß die Idee zu diesem Gespräch von Ihrer Freundin stammt?

Sprecher 1

Welche Aspekte von Intelligenz müssen durch ein Computerprogramm erzeugt werden, damit behauptet werden kann, die Maschine reagiere intelligent? Logik, Sprachverständnis, Lernvermögen, Assoziation, Kreativität? Welche Elemente von Intelligenz können überhaupt programmiert werden? Schließlich: Genügt die Simulation von Intelligenz, der Anschein, daß der Computer „denke“, um von der Existenz von Intelligenz reden zu können?

Intelligenz künstlich

Sprecher 3

Künstliche Intelligenz ist der Zweig der Theorie algorithmischer Verfahren, der sich damit befaßt, Algorithmen zu entwerfen und auf Maschinen eines geeigneten Designs zu implementieren, so daß diese Maschinen ein Verhalten an den Tag legen, das, ausgeführt von einem Menschen, Intelligenz erfordert.

3. O-Ton Cope --- 0'40''

38'15'' Basically artificial intelligence is a study of intelligence using digital means, attempt to model what we consider intelligent behaviour in a machine. I think that I will have to personally define it as a

humanlike behaviour which is constructive on which can be build more elegant behaviour, that's a very quick and dirty definition.

(Sprecher Synchro) Grundsätzlich ist künstliche Intelligenz die Erforschung von Intelligenz, wobei man digitale Mittel benutzt, das heißt wir versuchen in einer Maschine ein Verhalten zu simulieren, daß man als menschliches Verhalten bezeichnen würde. Persönlich würde ich künstliche Intelligenz als menschenähnliches Verhalten bezeichnen, auf dessen Basis sich eleganteres Verhalten konstruieren läßt; das ist mal eine ganz schnell ins Unreine gespochene Definition.

Sprecher 4

Ein intelligentes Programm wäre vermutlich eines, das wendig genug ist, Probleme mannigfacher Art zu lösen und dabei Erfahrungen zu sammeln. Es wäre imstande, innerhalb eines Satzes von Regeln zu funktionieren, aber auch im richtigen Moment zurückzutreten und zu beurteilen, ob die Arbeit innerhalb dieses Satzes von Regeln im Hinblick auf den umfassenden Satz von Zielen nutzbringend ist. Es wäre imstande, die Arbeit innerhalb eines gegebenen Rahmens abzubrechen, wenn es nötig ist, und einen neuen Rahmen zu erschaffen, in dem es eine Weile arbeiten kann.

4. O-Ton Berger --- 0'33''

1'32'10'' My answer is that for me ai has nothing to do with the academic definition of the field, but has to do with understanding thought process, not specifically for pragmatic results, and the ambiguity here is that we traditionally make the separation between emotion and intelligent thought, and for me heart of ai is understanding emotion.

(Sprecher Synchro) Für mich hat künstliche Intelligenz nichts mit der akademischen Definition des Begriffs zu tun, sondern es hat mit dem Verstehen der Gedankenprozesse zu tun, mit der Frage, wie der Mensch denkt, und zwar grundsätzlich, nicht auf pragmatische Ergebnisse bezogen. Dabei entsteht eine Ambivalenz, denn gewöhnlich unterscheiden wir zwischen Emotionen und Denken, wobei wir ganz selbstverständlich das Denken als den intelligenten Teil begreifen. Aber für mich ist das Wichtigste bei der Forschung zur künstlichen Intelligenz, die Emotionen zu verstehen.

Sprecher 3

Wenn eine geistige Funktion einmal programmiert ist, hören die Menschen bald auf, sie als einen wesentlichen Bestandteil „wirklichen Denkens“ anzusehen. Der unausweichliche Kern der Intelligenz liegt immer in der nächsten Sache, die noch nicht programmiert worden ist. Künstliche Intelligenz ist alles, was noch nicht getan wurde.

Musik 3

Barlow: „Würfelgang“ Stufe 5 (nach ein paar Sekunden unterlegen)

Sprecher 1

Bei den Komponisten des 18. Jahrhunderts gab es eine beliebte Knobelei: das musikalische Würfelspiel: für einen zwölftaktigen Walzer gibt es für jeden Takt zwölf verschiedene Möglichkeiten. Diese Möglichkeiten sind so gewählt, daß jede beliebige Taktfolge 1 bis 12 musikalisch sinnvoll ist. Die Auswahl der Takte wird durch Würfeln ermittelt.

Wenn ein Computer dieses Spiel spielt, dann würfelt er, da er keine Hände hat, mit einem Zufallsprogramm.

Musik 3 --- 0'50''

Barlow: „Würfelgang“ Stufe 5 (bis Ende)

Sprecher 1

Die Kombination musikalisches Würfelspiel und Zufallsbefehl erlaubt die Konstruktion von Kompositionsprogrammen. Denn man kann die strenge Mechanik des Verfahrens aufbrechen und die Bausteine eines Würfelspiel-Programms verfeinern, differenzieren, flexibler gestalten. Man kann aus den Takteinheiten längere und kürzere Einheiten machen, den inhaltlichen Schwerpunkt der Bausteine nach Belieben auf Melodik, Harmonik oder Rhythmik legen und schließlich die Bausteine mit „Erinnerungen“ versehen, das heißt ihnen Informationen über ihre Stellung im formalen Kontext oder über ihre musikalische Funktion einverleiben.

Je differenzierter diese Bausteine, desto komplexer das Programm und desto origineller das musikalische Resultat. Einzige Bedingung, der Programmierer muß sich stilistisch festlegen, auf Beethoven, Schönberg oder auf die Beatles. Klassische Musik, Bach und Mozart, wählte der kalifornische Komponist David Cope, als er mit dem Programmieren von EMI, was „Experiments in Musical Intelligence“ heißt, begann. Heute beherrscht EMI beliebige musikalische Stile.

5. O-Ton Cope --- 1'57''

16'50'' 7'30'' The way I solved it was using a traditional artificial intelligence technique called pattern matching. One definition of style was that substance, whatever it maybe, that was in common between two or more works written by the same composer. I mean, most composers if we recognize their work we haven't heard before it's got to have some elements of some other works we have heard before. And so I decided that I would start by pattern matching a minimum of two works by a given composer and see what lay in common between them. 9'02'' I could sing a Mozart (singt) a very simple cadential melodic figure, that I didn't realize at the time occurs in an awful lot of Mozart. 9'52'' I began to call them signatures, because they reveal something of the style of a composer, so that though we had a lot of stuff that everyone used, these signature that gave certain composers away. I got the idea what of a program could take music that wasn't meant to be a musikalisches Würfelspiel, analyse it and make it into a musikalisches Würfelspiel, in other words take all those measures which are similar enough to be kind of first measures and put them in some kind of first measure category, take all those measures that would fit with the second measure where ever they will be, and put them in another, and so forth, and then compose by attempting to put them together in ways that make musical sense. 17'36'' If that process is done really elegantly it can produce quite striking results, that is, it will produce a new Bach Invention, a new Mozart sonata that sounds to many ears, not really to experts, but to many ears as if its the real author.

(Sprecher Synchro) Technisch bewältigte ich das mit pattern matching beziehungsweise Mustererkennung, eine in allen Bereichen der künstlichen Intelligenz gebräuchliche Technik. Es ging darum, Stil zu definieren, und eine Definition kann sein, daß substantielle Elemente, was immer auch substantiell bedeutet, in zwei oder mehr Werken eines Komponisten auftauchen. Wenn man zum Beispiel ein neues Werk eines bestimmten Komponisten hört, dann erkennt man es eben wegen dieser Elemente, die bereits von anderen Werken des gleichen Komponisten vertraut sind. (Pause für das Gesangsbeispiel) Das zum Beispiel ist eine ganz einfache Kadenz, die aber ständig bei Mozart vorkommt. Ich nannte solche Elemente, die ich durch pattern matching erhielt, Signaturen, weil sie etwas vom Stil eines Komponisten offenbaren, neben all den allgemeinen Elementen, die von allen Zeitgenossen benutzt werden. Meine Idee war, ein Programm zu entwickeln, daß Musik, die kein musikalisches Würfelspiel ist, als ein solches betrachtet, sie analysiert und aus ihr ein Würfelspiel macht. Das geht dann so: das Programm nimmt alle Takte oder Motive oder Einheiten zum Beispiel einer Mozart-Sonate, die als erste Einheiten geeignet

scheinen und packt sie in eine Kategorie, dann nimmt es Einheiten, die sich als zweite Takte oder Einheiten eignen, und verfährt mit ihnen genauso, und so weiter. Dann komponiert das Programm, indem es versucht, diese Einheiten musikalisch sinnvoll zusammenzusetzen. Wenn dieser Prozeß elegant vollzogen wird, dann gibt das ziemlich verblüffende Ergebnisse, das heißt, das Programm produziert eine neue Bach-Invention oder eine neue Mozart-Sonate, die, vielleicht nicht für Experten, aber für viele Leute ganz echt wirkt.

Musik 4

Cope/EMI: „Mozart in Bali“ --- 2'00'' frei, dann unterlegen

6. O-Ton Cope --- 0'55''

1'04'57'' What I did on that particular piece was I gave it a Mozart database, and as it was composing, I pulled the Mozart out and put balinesian gamelan music from South East Asia in. And then when I had a completely balinese gamelan, I pulled that out and put Mozart in. The piece begins like Mozart and slowly margelates into the gamelan and then margelates to the Mozart again. And thats fairly successful, I mean, it's hard to hear where it actually changes. And it's also amazing about how much Mozart doesn't sound that different than balinese gamelan, you know, both working with patterns, higher keys of patterns in ways that are quite, quite similar.

(Sprecher Synchro) Was ich bei diesem Stück, das „Mozart in Bali“ heißt, gemacht habe, ist: ich nahm aus meinen Datenbanken für verschiedene Stile die Mozart-Datenbank, und während das Programm komponierte, ersetzte ich sie durch eine andere mit dem Stil balinesischer Gamelan-Musik, und später wechselte ich wieder zurück zu Mozart. Das Stück fängt wie Mozart an, geht in Gamelan-Musik über und kehrt zurück zu Mozart, was ziemlich gut funktionierte. Man hört kaum, wo genau der Übergang stattfindet, und das Erstaunlichste ist, das beide Stile mit patterns arbeiten, die sich sehr ähnlich sind.

Musik 4

Cope/EMI: „Mozart in Bali“ --- 10'' frei, schnell ausblenden

Sprecher 1

Die Bausteine, mit denen der Computer dieses Werk komponiert hat, sind höchst differenziert, aber sie sind fest definiert. Dennoch kommt jedesmal, wenn die Maschine ein Mozart-Konzert komponieren soll, etwas anderes heraus, wegen der Zufallsfunktion in David Copes Programm. Sie bestimmt, welche musikalischen Bausteine der Computer wählt und wie er sie zusammensetzt. Auf den Zufall gründet die kreative Komponente des Computerkomponierens, er erzeugt musikalisch Neues, das Ziel eines jeden Komponierens.

Sprecher 2

Von einem Programm zur automatischen Musikkomposition wird erwartet, daß die Ergebnisse neuartig sind. An dieser Stelle werden üblicherweise Zufallsentscheidungen in den Kompositionsprozeß einbezogen. Hierbei tritt häufig das Problem auf, daß die Qualität des Resultats schwer kontrollierbar ist. Es ist also ein intelligentes, verteiltes Zufallskonzept gefragt, mit dem es möglich ist, auf jeder Ebene des Kompositionsprozesses von der Bestimmung abstrakter Vorgaben bis hin zur Wahl konkreter Töne den Zufall in geeigneter Weise zu dosieren. Die

kognitionswissenschaftliche Beschäftigung mit diesem Phänomen verlangt darüber hinaus eine Auseinandersetzung mit dem Phänomen Kreativität.

Kreativität gleich Zufall?

7. O-Ton Zimmermann --- 0'50''

52'24'' Er ist kein richtiger Zufall, ist auch nur ein Pseudozufall, dahinter steht eine komplexe Funktion, die berechnet wird aufgrund zeitlabiler Parameter, zum Beispiel des Datums und der Uhrzeit, die der Rechner ja intern immer mithochzählt, und eines bestimmten Zählers der auch immer Zahlen durchläuft, der immer periodisch eine Zahlenkette durchläuft, nachdem man den Rechner angeschaltet hat, und solche Sachen spielen eine Rolle, wenn in einem Rechner den sogenannten Random-Befehl, also den Zufallsbefehl auswerte, ist auch kein richtiger Zufall.

Sprecher 4

Es ist fraglich, ob in bezug auf den Computer überhaupt von Kreativität geredet werden sollte. Werden Zufallsoperationen eingesetzt, so können die Berechnungen dem unvorbelasteten Rezipienten als kreative Akte erscheinen. Aufgrund der Fähigkeit eines Computers, große Datenmengen sehr schnell bearbeiten zu können, bringt er Lösungen hervor, die als neuartig gelten können und damit immerhin ein wichtiges äußeres Merkmal von Ergebnissen kreativen Handelns aufweisen. Tatsächlich handelt es sich dabei nur um die explizite Umsetzung der impliziten Vorgaben. Ob dies die Übertragung des Begriffs Kreativität auf Rechnermodelle rechtfertigt, ist umstritten.

8. O-Ton Barlow --- 1'40''

2'17'30'' Für jeden Zeitpunkt des Stücks hat der Computer auszurechnen, was die Wahrscheinlichkeit der 88 Töne des Klaviers sein würden, anhand der Stärke der Metrik, der Stärke der Tonalität und der ganzen anderen Parameterwerte. So die Wahrscheinlichkeit der Töne wird ausgerechnet, und dann wird nach Zufallszahlen ein Ton ausgewählt. Wenn ich zum Beispiel sage, von den 88 Tönen hat das eingestrichene C 80% und das Des 20, nur die zwei Töne, dann kann man garantiert davon ausgehen, daß der Ton höchstwahrscheinlich ein C ist, aber es könnte durchaus, ich glaube, ich habe Des gesagt, könnte durchaus ein Des dann sein, weil es 20 % Wahrscheinlichkeit davon gibt. 2'19'28'' Durch den Zufall entstehen neue melodische Folgen, neue Abläufe, neue Töne. 2'20'28'' Die Gesamtform ist natürlich gleich, man sieht deutlich, da geschieht vieles in der Tiefe, da ist ein wichtiger Moment, da ist ein plötzlicher Ausschlag in der Höhe, da laufen drei Stimmen nebeneinander, das alles würde gleich sein, aber die genaue Position jeden einzelnen Tones, die ist anders, es wird sehr wenig geben, was wirklich übereinstimmt auf der Atomebene. Man könnte es vergleichen mit vielleicht zwei Klumpen Zucker, als zwei Würfel, die Kristalle sind nicht identisch und die Würfel sehen gleich aus.

Sprecher 3

Wir sprechen offensichtlich über die Mechanisierung der Kreativität. Aber ist das nicht ein Widerspruch in sich? Beinahe, aber nicht ganz. Kreativität ist die Essenz dessen, was nicht mechanisch ist. Und doch ist jeder kreative Akt mechanisch - es gibt genausogut eine Erklärung dafür wie für einen Schluckauf. Das mechanische Substrat der Kreativität ist vielleicht verborgen, aber es existiert. Umgekehrt gibt es in flexiblen Programmen, sogar heute schon, etwas Unmechanisches. Das ist vielleicht noch nicht kreativ, aber wenn Programme für ihren Schöpfer aufhören transparent zu sein, dann hat man einen ersten Schritt in Richtung auf die Kreativität getan.

Musik 5

Zimmermann: „Aesop-Fabel“ --- bis 1'01'', dann unter O-Ton

9. O-Ton Zimmermann --- 50''

1'35'56'' Das ist überhaupt das allererste System, das es gegeben hat, das Musik komponiert zu einem kleinen Cartoon, der Aesop-Fabeln darstellt, da hört man den Erzähler, da ist ein Fuchs der sucht nach Wasser, dann kommen ganz lange Wegbeschreibungen, ganz lange, und dann kommt irgendwann die Musik und illustriert die Stimmung dieses Fuchses, und dann wird er immer langsamer und immer durstiger, dann kommt er an den Fluß der ausgetrocknet, dann schlägt die Musik in Mollum, das sind ganz plakative Aspekte, das ist ein Beispiel für einen länger zurückliegenden Vorläufer des Systems, auf das meines herauslaufen soll.

Sprecher 1

Das Programm COPPELIA vom Saarbrücker Informatiker Detlef Zimmermann ist mittlerweile weiterentwickelt und komponiert wie einst zur Geschichte des durstigen Fuchses jetzt illustrative Begleitmusik zu Werbespots.

Musik 6

Zimmermann --- 25''

Sprecher 1

Die Maschine leistet die Arbeit eines Filmmusikkomponisten. Sie soll die Stimmungen des Geschehens emotional untermalen und bedient sich dazu eines mehr oder weniger feststehenden Repertoires an musikalischen Mitteln. Bei COPPELIA basiert dieses Repertoire auf Pop- und Schlagermusik, inklusive formaler Aspekte dieser Musik, ihrer Grammatik.

10. O-Ton Zimmermann --- 0'38''

1'31'53'' Und zwar hab ich da nichts anders gemacht als eine ganz bestimmte rethorische Funktion aus einem Musikstück mir herauszugreifen, nämlich den Übergang und zwar bei Popsongs von Strophe zu Refrain, da passiert immer an einer ganz bestimmten Stelle passiert was, was immer mehr oder weniger deutlich ist, habe dort verschiedene Methoden aufgespürt, nicht alle, aber einen bestimmten Satz von Methoden, und nach diesen Methoden klassifiziert praktisch, manchmal ist es so, es geht um ein paar Stücke Anfang der 70er, Schlager, und da ist es einfach so, daß manchmal die Geigen kurz nach oben gehen, kurz bevor der Refrain einsetzt.

Musik 7

Zimmermann: Sprachspiel-Beispiel 5 --- 0'51''

Sprecher 1

Der Computer muß solche Verfahren kennen, Regeln, nach denen melodische, harmonische und rhythmische Elemente strukturiert werden; er muß sie gewissermaßen „lernen“. Das geschieht durch Eingabe, verschlüsselt in Midi-Daten, der Musiksprache, die der Computer versteht. Oder: er „lernt“ durch direktes Hören.

Sprecher 2

Einige der heutigen Computersysteme, vor allem die sogenannten „Hand-Auge-Maschinen“, beziehen ihr Wissen daraus, daß sie ihre Umwelt direkt über Sensoren aufnehmen. Solche Maschinen gelangen also zu einem Wissen über die Dinge nicht nur dadurch, daß man ihnen dies explizit mitteilt, sondern auch dadurch, daß sie sie entdecken, während sie mit der realen Welt interagieren.

Sprecher 1

Das Ohr des Computers ist das Mikrofon. Bei Musik kann die Maschine zum Beispiel den Tonhöhenverlauf einer Melodie über sogenanntes pitch tracking analysieren und verfolgen, darüber hinaus die gewonnene Information verarbeiten und auf sie reagieren.

Aber das Mikrofon verhält sich anders als das menschliche Ohr. Es kann nicht selektieren, sondern empfängt seine akustische Umgebung vollständig und ohne Bewertung einzelner Klänge. Soll der Computer direkt über ein Mikrofon hören, ergeben sich daher Schwierigkeiten.

Sprecher 2

Die Lautstärke der Töne eines Instruments soll bestimmte Verfremdungsverfahren steuern. Das ist einfach. Die Lautstärke ist der Schalldruck, der die Membran im Mikrofon stärker oder schwächer schwingen läßt, eine Information, die sowieso in elektrische Impulse umgewandelt weitergegeben wird. Das kann eine Maschine problemlos messen und in jede andere Art von Daten umwandeln. Nun sollen aber bestimmte Töne, genauer gesagt, bestimmte Tonhöhen, gewisse Ereignisse auslösen. Das ist schwierig und mit einer Tuba zum Beispiel zur Zeit wohl überhaupt noch nicht in Echtzeit zu machen. Denn bei den tiefen Frequenzen sind die Periodendauern so lang, daß sie sich bei kurz gespielten Tönen nicht häufig genug wiederholen, damit der die Frequenz analysierende Algorithmus zu einem sicheren Ergebnis kommen kann.

Musik 8

Furukawa: „Swim Swan“, ca. 30'' frei

Sprecher 1

Eine Klarinette spielt, ein Computer verfolgt das Gespielte über Pitch Tracking. Tonhöhe und Dynamik der gespielten Töne steuern nach vorher programmierten Abläufen das Hinzuspielen und Verändern von vorher im Computer gespeicherten Klängen. „Swim Swan“ vom japanischen Komponisten Kiyoshi Furukawa beginnt mit einem sehr lang ausgehaltenen Ton, einem A der Klarinette. Mit dem A wird das im Computer gespeicherte Soundfile des gesprochenen Textes „Swim Swan over the Sea“ abgerufen, genauer: die Lautstärke des A steuert Höhe und Tempo des Textes. Im weiteren Verlauf ändern sich die Verhältnisse. Die Klarinette wird von elektronischen Erweiterungen ihrer Klänge begleitet, von manchmal schier endlosen Echos oder von synthetischen Klangfolgen, die sich ganz von ihrem Spiel ablösen. Sie sind nach nichtlinearen Prinzipien organisiert, so daß sich eine gewisse Komplexität ergibt. Nichtlineare Strukturen sind einerseits intelligent geordnete und in der Regel komplexe Folgen, die andererseits aber nicht sinngelitet zusammengesetzt worden sind.

Musik 8

Furukawa: „Swim Swan“, ca. 30'' frei, schnell ausblenden

11. O-Ton Berger --- 1'37''

1'13'18'' It's a large group of people that are trying to derive musical information from an acoustic signal, but its soemthing we do seemingly without any anstrengung, and to try to get a Computer to take an audo signal and decide what's music and what's not, it's extremely complex. And then Dan and I met a number of years back and we talked to each others work over time we talked about the importance what about listening and we worked together building a computational model, which learns by experience, learns music by experience, then makes a as a new piece of music is introduced makes a prediction at certain points about what should be coming based on experience, and then by judging the area of the prediction to what comes next, we can build sort of a some classification, dream ist to quantifie it, but that we can at least understand the dynamics of surprise, of musical surprise.

(Sprecher Synchron) Viele Leute versuchen, die musikalische Information zu entdecken, die in einem akustischen Signal steckt. Menschen machen das ganz selbstverständlich, ohne jegliche Anstrengung. Aber es ist eine extrem komplexe Arbeit, einem Computer ein Audio-Signal zu geben und ihn entscheiden zu lassen, ob das Musik ist oder nicht. Vor einigen Jahren traf den israelischen Informatiker Dan Gang, und wir sprachen über unsere Arbeit, vor allem über die Bedeutung des Hörens. Wir begannen zusammen an einem Programm zu arbeiten, das durch Erfahrung lernt, was Musik ist. Wenn es eine neue Musik präsentiert bekommt, dann kann es aufgrund seiner Erfahrung eine Voraussage darüber machen, was wohl als nächstes kommen wird. Wenn wir nun untersuchen, was der Computer für eine Voraussage macht, dann können wir daraus eine Klassifikation ableiten, das vielleicht sogar irgendwann quantifizieren, davon träume ich, und dann könnten wir schließlich irgendwann die Dynamik der Überraschung, der musikalischen Überraschung verstehen.

Sprecher 1

Jonathan Berger vom Computermusik-Institut der Universität Stanford und der israelische Computerwissenschaftler Dan Gang von der Universität Jerusalem arbeiten an der Analyse dessen, was und wie der Computer hört. Ausgangspunkt von Berger und Gang ist der Mensch: Wie hören wir, wie funktioniert unsere Wahrnehmung, wie verstehen wir Musik? - ausgehend von der Hypothese, daß das Erkennen und Verstehen von Musik ein Re-Komponieren ist, daß Kognition und Komponieren auf den gleichen geistigen Prozessen beruhen. Wenn es also gelänge, den Computer zum Hören und Erkennen von Musik zu bringen, dann müsse er auch Komponieren können.

Jonathan Berger schreibt Werke für Instrumente und Computer. Über Mikrofon empfängt der Computer die instrumentalen Klänge, analysiert sie, was dem Prozeß des erkennenden Hörens entspricht, und spielt dann in einem zweiten Schrittt eine passende Musik dazu, das Komponieren.

Musik 9

Berger: „The Lead Plates of the Rom Press“ --- 0'40''

Sprecher 1

Alan Turings Vision von einer „denkenden Maschine“, entworfen in den fünfziger Jahren, zielte damals auf die maschinelle Simulation des Menschen. Diese Vision beherrscht bis heute die Entwicklung von künstlicher Intelligenz.

Neuronale Netze zum Beispiel, mit denen Jonathan Berger und Dan Gang arbeiten, sind physische Simulationen des menschlichen Gehirns im Computer. So wie die organischen Nervenzellen im Gehirn auf komplexe Weise miteinander verbunden sind, so werden künstliche Nervenzellen beziehungsweise Speichereinheiten im Computer multilateral miteinander verbunden - in der Hoffnung, daß eine Simulierung der physischen Struktur eine Simulierung psychischer Prozesse möglich mache. Tatsächlich besitzen diese künstlichen neuronalen Netze erstaunliche Fähigkeiten.

Sprecher 2

Der Übergang von von-Neumann-Computern zu neuronalen Netzen läßt sich ganz einfach beschreiben als der Übergang von Verhaltensalgorithmen zu Algorithmen für das Erlernen von Verhaltensweisen, die wiederum möglicherweise algorithmisch beschrieben werden können. Obwohl die Schaltdichte unserer heutigen Rechner die Größe des Neuronengeflechts eines Sperlinghirns noch nicht ganz erreicht hat, geben beispielhafte Erfolge doch Anlaß zu der Vermutung, daß vielleicht alle kognitiven und intelligenten Leistungen des Menschen künstlich reproduziert oder simuliert werden können. Heute kann ein künstliches neuronales Netz mit einer gewissen Erfolgswahrscheinlichkeit bestimmte Verlaufsformen in der Entwicklung von Börsenkursen vorausberechnen, aber es kann weder die charakteristischen Merkmale der vorausgehenden Kursentwicklung bezeichnen, die für die Vorausberechnung bestimmend sind, noch kann es ursächliche Erklärungen liefern. Es scheint so, als kombiniere sich hier Lernen mit Dummheit zu einer unerklärlichen Form künstlicher Intelligenz.

12. O-Ton Gang --- 1'20''

1'50'13'' Maybe the most appealing thing in this approach is that there is a learning mechanism, automatic learning mechanism. In music one of the big programs are that there are rules, maybe that you can feel it implicitly, but it's very difficult to formulate these rules, you only approach to a limit you cannot come across when you try to formulate the rules, so with neural networks it's possible to pick up examples, representative examples of the task and let the neural network after a very careful representation and choosing the architecture to learn regularities and to learn the mappings of very complex functions, and you transfer the problem of formulating rules to questions of how to represent the task to get an answer a solution to the problem. 1'57'15'' If you for example train the net with some melodies, after the in the generalisation phase you will get melodies that are similar in some way to the trained melodies It's a new kind of behaviour.

(Sprecher Synchro) Das Spannendste dabei ist vielleicht der Lernmechanismus, das automatische Lernen. Denn eins der großen Probleme von Musik ist, daß es Regeln gibt, und zwar Regeln, die man irgendwie intuitiv versteht, die aber äußerst schwierig zu formulieren sind und die sich außerdem nur bis zu einem gewissen Punkt, über den man nicht hinauskommt, formulieren lassen. Mit einem neuronalen Netzwerk hat man die Möglichkeit, statt Regeln zu formulieren, die Frage zu stellen: wie lautet die Aufgabenstellung. Man nimmt Beispiele der Aufgabe, die zu lösen ist, und dann, nachdem man eine Netzwerkarchitektur entworfen und entsprechend eingestellt hat, gibt man sie ins Netzwerk und läßt es dadurch die Regeln erkennen beziehungsweise lernen. Wenn man das neuronale Netzwerk beispielsweise mit Melodien trainiert, die man eingibt, dann wird es nach einer gewissen Lernphase Melodien produzieren können, die denjenigen, die man eingegeben hat, sehr ähnlich sind. Das ist dann ein neues Verhalten des Netzes.

Sprecher 1

Wenn der Computer gegen den Menschen antritt, um Melodien zu schreiben, ergibt sich ein erstaunliches Phänomen. Für unvertraute Melodien, bei denen ein Mensch nicht auf jahrhundertlang eingeprägte Klischees aufbauen kann, sind die Ergebnisse von Mensch und Maschine sehr ähnlich, so ähnlich, daß man sie in einem Blindtest nicht unterscheiden könnte - ein Schritt der Maschine zum selbstständigen Komponieren?

Wieviel Mensch ist die Maschine?Sprecher 3

Bei absolut gleicher Leistung von Computer und Mensch bliebe der grundsätzliche Unterschied zwischen beiden bestehen, daß Menschen die ihnen gestellten Aufgaben verstehen, während bei Computern von Verstehen prinzipiell keine Rede sein kann. Erst wenn eine Maschine ein Sonett schreiben oder ein Concerto komponieren kann, und zwar auf der Grundlage von Gedanken und Empfindungen und nicht anhand zufällig vorkommender Symbole, könnten wir zustimmen, daß die Maschine dem Gehirn gleich ist - das heißt, daß es nicht nur schreiben, sondern wissen kann, daß es geschrieben hat.

13. O-Ton Barlow --- 0'50''

1'54'45'' Ich habe noch nie ein Musikstück gehört, und ich habe sehr viel gehört, in Konzerten mit Computermusik, die mit künstlicher Intelligenz gemacht worden ist und gleichzeitig musikalisch war. Dagegen habe ich wohl Computermusik gehört, die gut ist, musikalisch, aber noch nie mit einer mit künstlicher Intelligenz, aber interessante Proben sind schon angeboten worden bei Vorträgen, auch bei Konzerten, man denkt, schade daß Wissenschaftler nicht bessere Künstler sind, ja auf jeden Fall, ich glaube, daß das denkbar ist, aber wenn ich ein Stück so komponieren kann, und ich brauche den Computer, denn gewisse Dinge werde ich nicht mit der Hand machen können, muß nicht zur künstlichen Intelligenz greifen, ich persönlich.

Sprecher 4

Während die Sprache, will sie sinnvoll sein, auf Verbindungen mit der Außenwelt beruht, ist die Musik völlig formal. In den Tönen der Musik liegt kein Hinweis auf Dinge „dort draußen“, sondern reine Syntax - Note folgt auf Note, Akkord auf Akkord, Takt auf Takt, Satz auf Satz. Doch halt! Etwas an dieser Analyse stimmt nicht. Warum ist eine Musik so viel tiefer und schöner als eine andere? Die Klänge der Musik lösen in unserem Innersten Wolken von Empfindungen aus. In diesem Sinne ist die musikalische Bedeutung auf unfaßbare Verbindungen von Symbolen zu den Dingen angewiesen. Die Geheimnisse der Bedeutung der Musik liegen viel tiefer als reine Syntax.

14. O-Ton Zimmermann --- 0'57''

1'19'35'' So roh, daß man den Computer anschaltet, dann kommt Musik raus, für also einen autonomen Zweck, das halte ich also so polemisch wie es sage für völlig verfehlt. Für mich wichtig, daß hinter einer Komposition also ein Mensch steht, der sich mir teilt. Natürlich schließe ich nicht aus, daß man mir Computermusik vorspielen kann, also jetzt rein vom Computer generierte Musik und dann vom Menschen gespielt und ich die Entscheidung nicht treffen kann, welches von dem Menschen ist und welches nicht. Das ändert aber nichts daran, sobald ich den Verdacht habe oder sobald man mir dazu sagt, das ist vom Computer, gefällt mir die Musik nicht. ... Das ist ja praktisch eine Kunstsprache, ein Mensch drückt sich aus in der Musik, und na das ein Computer so ein ähnliches Gebilde irgendwie hinkriegt, naja.

Sprecher 3

Es will mir scheinen, daß Musikalität bei einem Programm nur dann stattfinden wird, wenn die interne Struktur eines solchen Programms auf etwas beruht, das den „Symbolen“ in unserem Gehirn und ihren Auslösemustern ähnelt, die für den komplexen Begriff der Bedeutung zuständig sind. Die Tatsache einer solchen internen Struktur wird dem Programm Eigenschaften verleihen, angesichts derer man sich bis zu einem gewissen Grad mit ihm behaglich identifizieren kann. Bis dahin aber werde ich mich bei dem Satz „Dieses Stück hat ein Computer komponiert“ unbehaglich fühlen.

Sprecher 1

Ein Computer kann zum Beispiel eine formale Struktur für einen Dialog zwischen Geräuschen und Tönen ausarbeiten, so wie in James Tenneys Stück „Dialogue“.

Musik 10

Tenney: „Dialogue“, frei bis 0'15'', dann unterlegen

Sprecher 1

Ein Computer kann, wie ein Kompositionsschüler, Stilkopien produzieren, sogar erstaunlich gut; er kann unter bestimmten Umständen funktionale Musik generieren; er kann auf Klänge, die ihm über Mikrophon vermittelt werden, reagieren, indem er Musik auswirft; er kann Melodien hervorbringen und gegebene Melodien harmonisieren.

Bis heute sind die kompositorischen Ergebnisse oft schlicht oder wenig originell, was zum Teil an der für hochkomplexe Verfahren noch zu geringen Leistungsfähigkeit der Computer liegt. Wird aber das rasante quantitative Wachstum der Rechenkapazität, das zu erwarten ist, einen qualitativen Sprung beim Thema Komponieren zur Folge haben? Wird ein Computerprogramm jemals, einem Komponisten gleich, gehaltvolle, bedeutende, ästhetisch wertvolle Musik produzieren können?

Aber hätte das überhaupt einen Sinn, und, für wen eigentlich wären diese Werke geschrieben, für einen Menschen, für einen anderen Computer?

Sprecher 2

Selbst wenn Computer den Menschen in jeder Hinsicht nachahmen könnten - wozu sie tatsächlich nicht in der Lage sind -, wäre es dringend nötig, den Computer vor dem Hintergrund des jahrtausendealten Bedürfnisses des Menschen zu untersuchen, seinen Platz in der Welt zu finden. Wie immer intelligente Maschinen auch hergestellt werden können - bestimmte Denkkakte sollten ausschließlich dem Menschen vorbehalten sein. Eine gesellschaftlich relevante Frage, die sich damit erhebt, betrifft den angemessenen Platz des Computers innerhalb unserer sozialen Ordnung.

15. O-Ton Barlow --- 0'45''

1'56'10'' Wenn ein Computer anfängt, sich eines guten Tages da anzuschicken ein Stück zu komponieren, dann wärs ein ganzes Stück weiter, das wär ganz lustig, wenn wir aufwachen und niemand dem Computer gesagt hätte, er soll was komponieren, er steht da wo er stand und fängt plötzlich an, weil nichts gelaufen ist, niemand hat das eingegeben programmiert, wenn du sieben

Stunden lang nichts tust, fang dann an zu komponieren, sondern er fängt einfach so an, dann wäre das ein ganzes Stück weiter, und es hätte mehr von dieser künstlichen Intelligenz an sich. Aber wo alles so durchschaubar ist, was der Computer macht, kann ich noch nicht von hochgradiger Intelligenz sprechen.

Musik 10

Tenney: „Dialogue“ (bis Schluß)

E N D E