



# DIE MOZART- MASCHINE

Die Fähigkeit zu malen, zu dichten oder zu komponieren galt lange als eines der letzten Unterscheidungsmerkmale zwischen Mensch und Computer. Diese Grenze fällt nun.

VON WOLFGANG STIELER



Werk und Schöpfer: der Computer „Jamus“ mit seiner ersten Symphonie.

*in memoriam Raymond Scott*  
**Hello World!**  
(2011)  
für violin, clarinet in B $\flat$ , and piano

Sad“ heißt das Bild – „traurig“. Der Mann darauf schaut ins Leere, seine Augen sind nachtblau, rot umrandert, wie verheult – die Mundwinkel sind nach unten gezogen, die Haare grau. Die Striche sind kurz, gerade, wie abgehackte Bewegungen. Nur über Mund, Nase und Augen fangen sie zu fließen an – wie Tränen im Regen. „Painting Fool“ wird der Künstler genannt – der malende Narr. Das klingt poetisch, ist aber durchaus wörtlich gemeint, denn der Maler hat keinen Schimmer davon, was Trauer ist, Schmerz oder Angst. Es ist ein Stück seelenlose Software – eine Maschine.

Ist das nun Kunst oder Quatsch? Können Computer kreativ sein? Seelenlose Algorithmen, die mechanisch Zeile um Zeile abarbeiten, was der Programmierer ihnen aufgetragen hat. Sie sollen Neues erschaffen können? Die Antwort gibt nicht nur Einblicke in die verblüffenden Fähigkeiten von Computern, sondern rührt am Selbstverständnis des Menschen. Denn die Maschinen können – und sie werden dabei immer besser.

**Alan Turing, genialer britischer Mathematiker** und einer der Gründerväter der modernen Informatik, war bereits in den 1950er-Jahren fest davon überzeugt, dass es nicht mehr lange dauern kann, bis Computer so klug sind wie Menschen. So rasch ging es dann doch nicht. Zwar haben Computer vergleichsweise schnell gelernt, rein rechnerische und streng logische Probleme wie das Schachspielen besser zu lösen als Menschen. Das Land der Fantasie, der Träume und Emotionen blieb den von Turing erdachten universellen Maschinen aber bislang weitgehend verschlossen.

Erste Versuche in den 1960er-Jahren mit malenden, dichtenden und komponierenden Algorithmen jedenfalls fanden nur wenig Widerhall. Einer der ersten malenden Roboter, Aaron, programmiert und konstruiert vom Künstler und Informatiker Harold Cohen, hat es 1977 zwar bis in die Kunstaussstellung Documenta geschafft. Doch Kritiker sprachen der Maschine keine eigenständige Schöpfung zu. Vielmehr galten Experimente wie Aaron selbst als Kunstwerk, eine Schöpfung „generativer Kunst“, die ihrerseits nur indirekt Kunstwerke hervorbringt.

Seit einigen Jahren formiert sich jedoch eine neue Generation von Wissenschaftlern, die sich damit nicht abfinden wollen. Sie entwickeln Programme, die malen, wie der Painting Fool, dichten, Computerspiele entwerfen oder sogar neue Kochrezepte erfinden. Die kreativen Programme sollen jedoch nicht nur interessanten Output liefern. Sie dienen den Wissenschaftlern auch als Modellsysteme, mit deren Hilfe die menschliche

Kreativität, die produktive Zusammenarbeit zwischen Menschen, zwischen Mensch und Maschine und auch Lernprozesse erforscht werden können.

„Die künstliche Kreativität ist erwachsen geworden“, sagt Simon Colton, Schöpfer des Painting Fool und Informatiker am Imperial College, London, nicht ohne Stolz. Quasi als Ritterschlag ist sein Forschungsgebiet erst kürzlich in die Liste der Ziele des sieb-

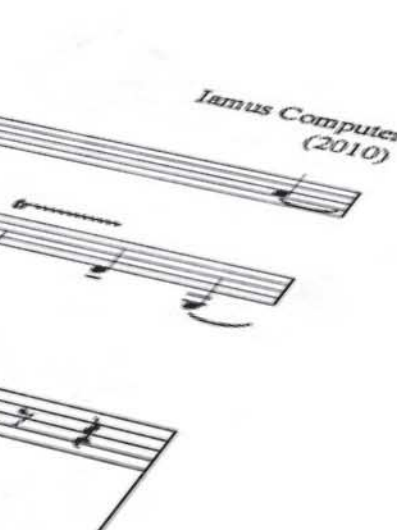
ten Rahmenplans der EU-Forschungsförderung aufgenommen worden.

Welche Fortschritte die Wissenschaftler gemacht haben, zeigte sich am 2. Juli 2012: International bekannte klassische Musiker führten zu Ehren des hundertsten Geburtstags von Computerpionier Alan Turing in Málaga ein Konzert auf, das von einem Computer komponiert worden ist. Damit nicht genug: Iamus, benannt nach dem Sohn des griechischen Gottes Apollo, der die Stimme der Vögel verstehen konnte, komponiert so gut, dass selbst das renommierte London Symphony Orchestra sich bereit erklärte, eine CD mit Kompositionen dieses Computers einzuspielen – zum ersten Mal in seiner Geschichte.

Der „Melomic“ genannte Algorithmus von Iamus arbeitet mit Datensätzen, aus denen durch Vererbung und Mutation immer neue „Mels“ entstehen. Das Prinzip stammt vom Ende der 1950er-Jahre. Damals entwickelten mehrere Forschungsgruppen weltweit Methoden, um die Mechanismen der biologischen Evolution auf die Problemlösung mit Computern anzuwenden. Das Grundprinzip: Für die zu lösende Aufgabe, etwa den nächsten Zug in einem Schachspiel zu planen, wird ein Datensatz erstellt. In der ersten Runde würfelt der genetische Algorithmus zufällige Variationen dieses Datensatzes aus. Aus dieser Grundmenge erzeugt er die nächste Generation, indem er die Datensätze kombiniert – wie die Gene von Mutter und Vater bei der biologischen Vererbung. Ein Teil der Daten wird dann noch einmal zufällig verändert – wie bei einer Mutation. Die besten Nachkommen werden dann für die Erzeugung der nächsten Generation verwendet. Wie „gut“ ein Datensatz ist, wird jeweils durch die sogenannte Fitnessfunktion ermittelt. Beim Schach etwa würde ein Zug, bei dem man eine Figur verliert, eine geringere Fitness zugewiesen bekommen als ein Zug, bei dem man eine gegnerische Figur schlagen kann. Bei Iamus entsteht durch einen Interpretationsprozess aus den besten Daten schließlich ein kleines Stück konkrete Musik. Eine zweite Softwareschicht setzt daraus, nach programmierten Kompositionsregeln, ein Musikstück zusammen.

„In Analogie zur Biologie könnte man sagen, die Datenstrukturen sind die genetischen Grundlagen der Musik, das daraus entstehende Musikstück ist die äußere Gestalt“, sagt José David Fernández Rodríguez, Mitarbeiter der GEB (Grupo de Estudios Biomimética) an der Universität Málaga, die Iamus entworfen hat. Wie die Datensätze und die Fitnessfunktion aussehen und warum Iamus erfolgreicher ist als seine Vorgänger, wollen seine Konstrukteure allerdings nicht verraten. Aus der Tatsache, dass die Spanier einen eigens angepassten Computercluster verwenden, kann man aber zumindest schließen, dass sie sehr viel mehr Rechenleistung dafür brauchen, als früher zur Verfügung stand.

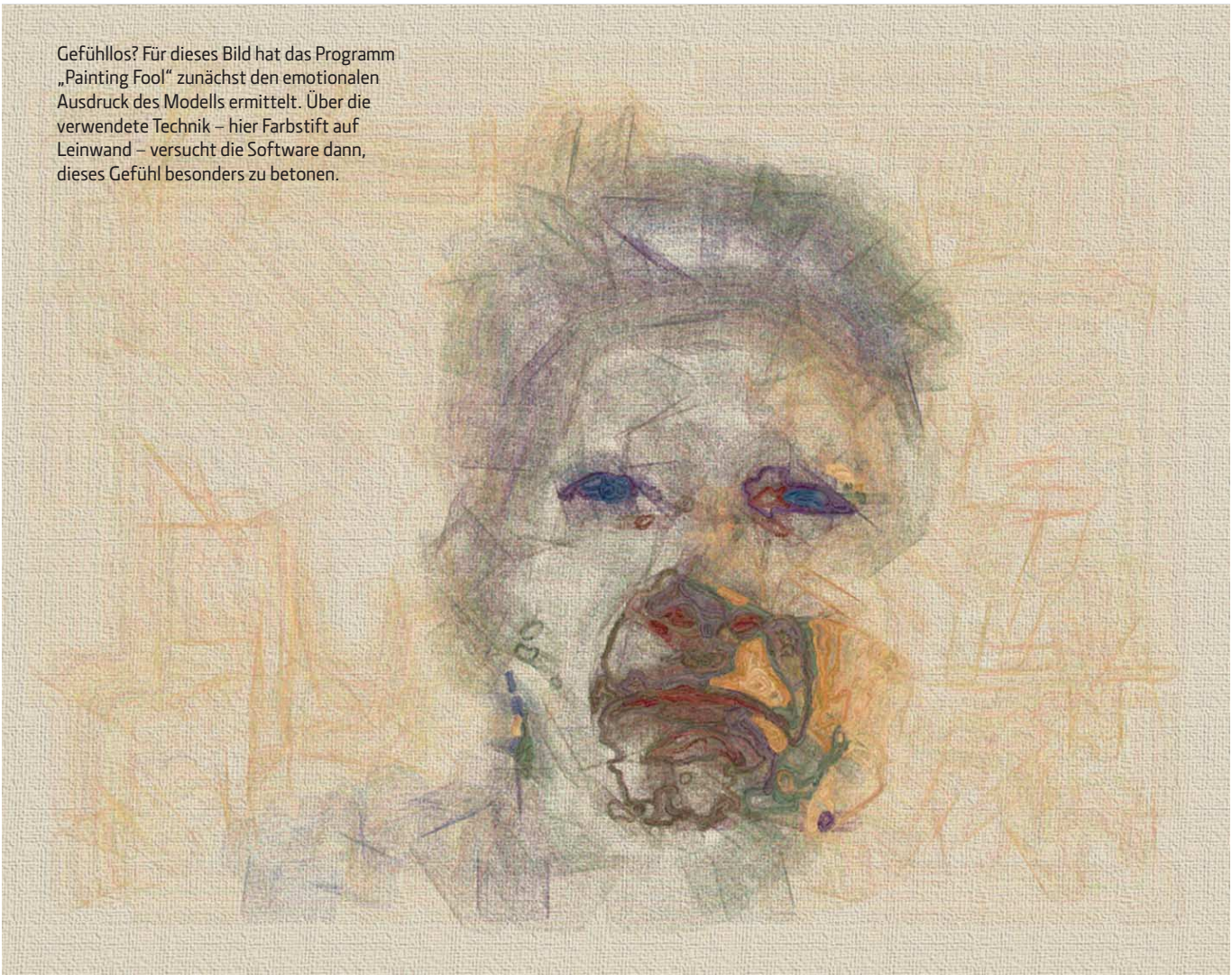
**Kann so „echte“ Kreativität entstehen?** „Die Antwort hängt im Wesentlichen vom philosophischen Standpunkt ab, den Sie einnehmen“, sagt Rodríguez. „Der Science-Fiction-Schriftsteller Robert A. Heinlein hat gesagt, ein Kunstwerk sei strukturierte Emotion, die eine Wirkung auf den Beobachter ausüben soll. So gesehen kann ein Algorithmus nicht kreativ sein, weil er weder Gefühle wahrnehmen noch ausdrücken kann. In jeder Kultur gibt es aber eine lose Beziehung zwischen Gefühlen und Musik. Das ermöglicht uns, Emotionen auszudrücken, obwohl der Algorithmus Gefühle nicht versteht.“







Gefühllos? Für dieses Bild hat das Programm „Painting Fool“ zunächst den emotionalen Ausdruck des Modells ermittelt. Über die verwendete Technik – hier Farbstift auf Leinwand – versucht die Software dann, dieses Gefühl besonders zu betonen.



Die Antwort zeigt, auf welch schwammigem Terrain sich die Forscher bewegen. Wie schon bei der künstlichen Intelligenz bleibt der eigentliche Gegenstand der Forschung merkwürdig unbestimmt. Kein Wissenschaftler kann wirklich präzise definieren, was Kreativität ist, geschweige denn erklären, wie sie funktioniert. Wie also Kreativität in der Maschine nachbilden?

**Colton will sich auf die Frage** nicht festnageln lassen, was genau diese Kreativität denn nun eigentlich ausmacht. „Wir versuchen, diese Frage zu vermeiden“, sagt er. Stattdessen arbeitet er indirekt. „Die Leute halten das Programm dann für kreativ, wenn ihnen kein Grund mehr einfällt, ihm die Kreativität abzusprechen“, sagt er. „Wenn also jemand sagt, das Programm sei nicht kreativ, weil es keine Gefühle kennt, versuchen wir das Programm so zu verändern, dass dieses Argument ausgehebelt wird.“

So ist das Bild des traurigen Mannes entstanden: Zunächst nahmen die Forscher kurze Videosequenzen der Menschen auf, die das Programm porträtieren sollte. Dann analysierte die

Software, welche Emotion der Mensch zeigte – Freude, Trauer, Furcht, Ablehnung, Ärger oder Überraschung – und auf welchen Bildern im Video der emotionale Ausdruck am stärksten war. Diese Bilder dienten der Software als Vorlage.

Jeden einzelnen Pinselstrich setzte das Programm sorgfältig – allerdings nicht auf einer Leinwand wie der malende Roboter Aaron, sondern am Bildschirm. Um das Bild möglichst wirkungsvoll zu gestalten, wählte der „Painting Fool“ anschließend die Technik und Farbpalette passend zum Gefühl des Dargestellten: Wenn die Person fröhlich ist, verwendet er eher helle Farben in Acryl-Anmutung. Trauer dagegen wird durch gedämpfte Farben wie Grau und Beige ausgedrückt – als Stilmittel kommt die Optik von Stiften oder Pastellkreiden zum Einsatz.

Nicht alle Kritiker verstummten. „Einige wandten ein, dass Software schon deshalb nicht kreativ sein könne, weil sie keine Fantasie hat“, sagt Colton. „Also haben wir dem Programm beigebracht, etwas zu malen, das nicht wirklich existiert.“ Der Trick bei dieser Vorgabe besteht allerdings darin, die Fantasie nicht zu sehr ins Kraut schießen zu lassen. Eine per Zufallsgenerator

Anzeige





erzeugte Wolke bunter Farbleckse empfindet ein Betrachter nicht unbedingt als fantasievoll.

**Das Urteil fällt jedoch ganz anders aus**, wenn das Bild bekannte Elemente enthält, die von der Software bearbeitet werden – etwa einen Baum, den das Programm zuvor von einer Fotovorlage abgezeichnet hat. „Wir haben dem Programm zum Beispiel gesagt: Platziere fünf solcher Bäume im Bild. Die Bäume dürfen sich nicht überlappen. Und Bäume im Hintergrund werden kleiner und dünner gezeichnet“, sagt Colton. Der Wissenschaftler griff dafür auf ein Verfahren zurück, das aus der künstlichen Intelligenz bekannt ist. Mit ihm lösen Programmierer das unter Informatikern bekannte „Constraint Satisfaction Problem“ – also eine Aufgabe, die unter Beachtung bestimmter Nebenbedingungen gelöst werden soll.

Um der Software noch mehr kreativen Spielraum zu verschaffen, setzten die Forscher noch eine zweite Technik ein: Die sogenannte „Context Free Design Grammar“. Dabei handelt es sich um eine einfache Programmiersprache, die wie eine Art Informatik-Lego funktioniert: Es gibt Grundbausteine wie Kreise, Rechtecke und Quadrate. Aus diesen Grundbausteinen kann man Objekte zusammensetzen – eine stilisierte Blüte zum Beispiel besteht aus einigen gegeneinander versetzten Kreisen. Auch aus diesen Objekten wiederum lassen sich weitere Objekte erzeugen – ein Blumenstrauß besteht dann aus mehreren Blüten – und so weiter. Weil der Programmierer auf jeder Stufe auch zufällige Elemente einbauen kann, ergeben sich immer neue Formen.

Kombiniert man beide Methoden, lassen sich immer neue, verschiedene Bäume erzeugen und so platzieren, dass sich „realistisch wirkende Fantasie-Landschaften ergeben“, sagt Colton. „Die Szenen existieren in der Realität nicht, und das ist eine Art Fantasie.“

Aber immer noch waren nicht alle Kritiker überzeugt. „Wir hören auch oft, dass die Software nur das tut, was der Programmierer will“, sagt Colton. „Sie entwickelt keine eigenen Absichten.“ Also begann der Informatiker zu untersuchen, was passiert, wenn das Programm – zumindest teilweise – den Schaffensprozess selbst kontrollieren kann. Vor etwa einem Jahr gab sein Team der Software die Möglichkeit, ihr eigenes Thema zu wählen: Sie schufen ein vorgeschaltetes Programm-Modul, das Schlagzeilen von Online-Zeitungen analysiert und daraus wichtige Themen und Begriffe extrahiert. Bei dieser Suche stieß die Software auf einen Artikel aus

der Zeitung „Guardian“ über den Krieg in Afghanistan, der ihr offenbar besonders geeignet erschien. Sie extrahierte die zentralen Begriffe und suchte dann im Online-Dienst Flickr nach passenden Bildern, die es künstlerisch verfremdete und neu zusammensetzte. „Die Collage ist technisch nicht besonders gut gemacht“, sagt Colton. „Aber emotional sehr ausdrucksstark: Es ist ein fliegender Bomber zu sehen, eine Familie mit einem kleinen Kind, ein verschleiertes Mädchen und ein Feld voller Kriegsgräber, ohne dass wir dem Computer diese Vorgaben gemacht haben.“

### Demnächst wollen die Forscher noch einen Schritt

weiter gehen. Das Programm soll eigene Themen finden, indem es zunächst kurze Texte produziert, bei denen es gezielt die Realität verändert. „Nehmen wir an: George Bush ist ein Mensch“, erklärt Colton. „Die Software macht daraus: George Bush ist kein Mensch. Was wäre, wenn George Bush ein Hund wäre?“, fragt Colton. „Ist das ein sinnvoller Gedanke? Lässt sich damit eine Geschichte erzählen?“ Das Programm muss nun versuchen, solche veränderten Aussagen zu finden, die für Menschen irgendwie „interessant“ wirken, und die zu illustrieren. Das könnte es beispielsweise, indem es die begrifflichen Verknüpfungen solcher Sätze mit anderen Aussagen untersucht – also das „semantische Netz“ ausforscht. Ein Hund beispielsweise ist semantisch mit dem Begriff Tier verknüpft, aber auch mit der Aussage „Freund des Menschen“. Sätze, die sehr viele solcher Assoziationsmöglichkeiten bieten, könnte das Programm als interessant bewerten. Das sei allerdings „noch in Arbeit“, sagt Colton.

Kreative Auswahl: Um zu entscheiden, welche Motive auf dieser Collage zum Afghanistan-Krieg Verwendung finden, wertete die Software „Painting Fool“ Zeitungsartikel aus.



Anzeige



„Dancing Salesman“: Sämtliche Figuren in diesem Bild sind mit einem einzigen simulierten Pinselstrich gemalt.

Dass Maschinen tatsächlich kreativ sein können, daran zweifelt Chris Bishop, leitender Wissenschaftler bei Microsoft Research, nicht. Seit über 20 Jahren beschäftigt er sich mit lernenden Maschinen. „Schließlich ist auch das Gehirn eine Maschine – wenn auch eine ganz außergewöhnliche“, sagt Bishop. „Und diese Maschine zeigt uns, dass es geht. Wenn ich sage, ich will einen Apparat bauen, mit dem ich schneller als das Licht reisen kann, weiß ich nicht, ob das möglich ist. Wenn ich sage, ich will eine intelligente Maschine bauen, weiß ich, dass das möglich ist, weil solch eine Maschine ja bereits existiert. Es ist das Gehirn.“

**Auch die Philosophin**, Informatikern und Psychologin Margaret A. Boden ist überzeugt, dass Computer kreativ sein können. „Kreativität ist für uns noch immer ein Geheimnis“, schreibt Boden, die sich seit über 20 Jahren mit diesem Thema beschäftigt, in ihrem Buch „The Creative Mind, Myths and Mechanisms“. „Sie ist sicherlich wunderbar. Aber sie ist kein Wunder.“

Denn neue Ideen, so Boden, würden niemals aus dem Nichts entstehen, sondern immer auf vorhandenem Wissen aufbauen. Dieses vorhandene Wissen ließe sich auf einer Art „geistiger Landkarte“ erfassen. Jeder bekannte Gedanke, jede Geschichte, jedes Bild, jedes Kochrezept bildet einen Punkt in diesem „Konzeptraum“. Der kreative Prozess bestünde nun darin, in dieser Landkarte neue Wege und neue Orte zu finden. „Zum Glück“, schreibt sie, „gibt es eine wissenschaftliche Methode, mit der sich solche Konzepträume präzise beschreiben und durchsuchen lassen: die künstliche Intelligenz“.

Für Informatiker wie Boden oder Colton ist es daher nur noch eine Frage der Zeit, bis der Mensch auch in der Kunst, der Musik und der Schriftstellerei seine Vormachtstellung verliert. „Eine Menge Leute finden diesen Gedanken beängstigend“, sagt Colton. „Wir versuchen deshalb nicht nur Software zu schaffen, die eines Tages als eigenständiger Künstler anerkannt wird. Wir fragen auch: Warum haben Menschen ein Problem damit, dass Software kreativ ist?“

Dass dem so ist, lässt sich zweifellos am Schicksal eines anderen Pioniers der Computer-Musik ablesen: David Cope. Der ausgebildete Musiker arbeitete Mitte der 1970er-Jahre an einem Buch über Kompositionslehre, in das er auch ein Kapitel über die damals neue Form der algorithmischen Komposition einfügen wollte. Da er keine geeignete Literatur fand, beschloss er, selbst zu experimentieren – und lernte zu programmieren.

1981, Cope hatte neben seiner wissenschaftlichen Arbeit mit mehreren Musikstücken Erfolg, bekam er der Auftrag, eine Oper zu schreiben, geriet jedoch nach einigen Monaten in eine Blockade. Um diese Blockade zu überwinden, kam er auf die Idee, ein Programm zu schreiben, das für ihn in seinem eigenen Musikstil komponieren und ihm so Vorlagen für die eigene Arbeit liefern sollte.

Weil sich dieses Projekt jedoch als zu schwierig erwies, begann Cope zunächst mit einem einfacheren Problem – einem Programm, das den Stil von Johann Sebastian Bach kopieren sollte. Bach, das wusste Cope noch aus seiner Studienzeit, hatte extrem mathematische Musik geschrieben, die sich leicht in Software fassen lassen sollte.

Doch Emmy, die liebevolle Kurzform von „Experiments in Musical Intelligence“, war zunächst eine Enttäuschung. Der Output, den die Software lieferte, war brauchbar, aber farblos – jeder Student im dritten Semester hätte solche Musik komponieren können. Cope zweifelte am Sinn seines Projektes, ließ die Arbeit immer wieder liegen, bis er 1987 auf die Idee kam, Zufallselemente in sein Programm einzubauen. Das war der Durchbruch. Plötzlich war Emmy nicht nur in der Lage, wie Bach zu komponieren. Die Software half auch, Copes Musik zu analysieren, und schlug mehrere neue Stücke in seinem Stil vor. Der Musiker konnte nicht nur seine Oper fertigstellen, sondern veröffentlichte auch eine CD mit „Classical Music Composed by Computer“ – und wurde zum gefragten Redner auf Informatik-Konferenzen.

**Mit dem Erfolg begannen jedoch** auch die Schwierigkeiten. Auf einer musikwissenschaftlichen Konferenz 1988 in Köln etwa redete sich ein Zuhörer nach dem Vortrag von Cope so in Rage, dass er schließlich versuchte, den Forscher, der seiner Meinung nach für „den Tod der Musik“ verantwortlich war, zu schlagen. Und Kollegen verspotteten ihn als „Blechmann“ – dem Blechroboter aus dem Märchen „Der Zauberer von Oz“, der auf der Suche nach seinem Herzen ist. „Ich finde diese Zuschreibung falsch, aber ich bin über die Jahre müde geworden bei dem Versuch, meine Arbeit zu verteidigen“, schreibt Cope in seiner Autobiografie. 2004 beschloss er gar, Emmy sterben zu lassen – er löschte die Datenbank, in der über siebzehn Jahre musikalischer Arbeit steckten.

Ganz aber hat Cope die Lust am Provozieren nicht verloren: 2011 veröffentlichte er ein E-Book mit 2000 englischen Haikus, einer japanischen Gedichtform, die aus drei Zeilen mit fünf,

Anzeige





Eigensinniger Querdenker: Mit seinen Experimenten will der Musiker und Programmierer David Cope beweisen, dass Software wirklich kreativ sein kann.

später wegrationalisiert, als wären sie Industriearbeiter? Noch spielt die Computerkunst auf dem Markt zwar keine große Rolle, aber unverkäuflich ist sie nicht. Nachdem die BBC im vergangenen Jahr eine Dokumentation über die „Suche nach der künstlichen Intelligenz“ ausgestrahlt hatte, in der der Painting Fool eine tragende Rolle spielte, riefen tatsächlich Kunstsammler in Coltons Institut an, erzählt der Forscher. Sie wollten Gemälde kaufen, die der Painting Fool produziert hatte. Nur um zu testen, was passiert, setzte der Forscher den Wert der Gemälde auf jeweils einige Hundert Euro an – und verkaufte sechs Kunstwerke auf einen Schlag.

In Zukunft, meint der Wissenschaftler, könnten Programme wie der Painting Fool zumindest die Massen-Nachfrage nach bezahlbarer Kunst befriedigen. „Heutzutage hängt sich jeder die immer gleichen Kunstdrucke in die Wohnung“, sagt Colton. „In Zukunft könnte Software für jeden individuell und für jeden Geschmack einmalige, authentische Kunstwerke erzeugen.“

Zukunftsmusik? Iamus, das ursprünglich als reines Forschungsprojekt begonnen hat, soll künftig mit der Musikproduktion Geld verdienen. Auf [melomics.com](http://melomics.com), „der weltweit größten Sammlung computerkomponierter Musik“, bietet ein Spin-off der Wissenschaftler maßgeschneiderte Musik zum Joggen, zum Einschlafen oder für die lange Autobahnfahrt, die per Smartphone-App zum Kunden gebracht wird. Musikunterhaltung für Computerspiele und für Online-Dienste – melomics will eine offene Programmierschnittstelle bereitstellen, die dafür sorgt, dass Webseiten automatisch

die passende Hintergrundmusik bekommen – wird demnächst folgen. „Available soon“ steht auf der Website. Die Zukunft hat längst begonnen. ❖

sieben und dann wieder fünf Silben besteht. Einige Hundert dieser Haikus entstammen einem eigens dafür geschriebenen Programm namens „Alena“ (Artificial Life Evolving Natural Affinities). Der Rest sind Übersetzungen klassischer japanischer Arbeiten. Seine Leser lädt er zu einem Ratespiel ein, welche der Haikus der Computer verfasst hat. „Wenn Sie glauben, richtig zu liegen, schicken Sie mir eine Mail“, schreibt Cope im Vorwort. „Ich verrate Ihnen dann, auf dem wie vielen Platz Sie gelandet sind. Ich werde aber nicht verraten, wer welches Gedicht geschrieben hat.“ Die Einnahmen, die der Wissenschaftler aus dem Buch bekommt, spendet er an Greenpeace.

**Wenn der Betrachter nicht mehr** zwischen kreativen Maschinen und Menschen unterscheiden kann, tötet das wirklich die Kunst, wie Copes Kritiker sagen? Painting-Fool-Schöpfer Colton glaubt nicht daran. „Die maschinelle Kreativität kann die von Menschen sogar befruchten. Denn Computer können Dinge tun, zu denen Menschen einfach nicht in der Lage sind. Kein Mensch kann in drei Minuten Millionen von Tweets scannen, um die öffentliche Meinung zu einem Thema zu erfassen.“ Doch die Analyse ist nur die eine Seite. Wenn Computer die Ergebnisse auch in Kunstwerke umsetzen – was wird dann aus den Künstlern? Werden sie zuerst zum Anhängsel der Maschine und

## Links & Literatur

- Website von David Cope  
<http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/software.htm>
- Arbeitsgruppe Computational Creativity  
[www.doc.ic.ac.uk/crg/doku.php](http://www.doc.ic.ac.uk/crg/doku.php)
- Projektseite mit Bildbeispielen des „Painting Fool“  
[www.thepaintingfool.com](http://www.thepaintingfool.com)
- Website mit Musik von Iamus  
[www.melomics.com](http://www.melomics.com)
- [www.computationalcreativity.net](http://www.computationalcreativity.net)

Margaret A. Boden: „The Creative Mind, Myths and Mechanisms“, Routledge Chapman & Hall, 2003, 360 Seiten, 26,99 Euro