

Computer und Kreativität

Georg Trogemann

Fachbereich Kunst- und Medienwissenschaften, Kunsthochschule für Medien Köln

Zusammenfassung

Computer haben nicht nur die Produktionsprozesse der Wirtschaft irreversibel verändert, sondern auch die Produktion ästhetischer Objekte und kultureller Kommunikations- und Ausdrucksformen. Die neuen digitalen Werkzeuge ermöglichen nicht nur neue Stilmittel, die ohne die Unterstützung durch den Computer nicht denkbar wären, sie sind vielmehr immer stärker ganz aktiv an kreativen Prozessen beteiligt. Produkte aller Art werden nicht mehr nur technisch produziert, sondern zunehmend auch mit technischer Unterstützung entworfen. Obgleich sich immer mehr Bereiche des Kreativen als programmierbar erweisen, gilt in den meisten theoretischen Modellen zur Kreativität noch der strikte Gegensatz von Inspiration und Mechanismus. Bisher fehlen noch geeignete Formalisierungen, die Kreativität als spontane Inspiration und gleichzeitig als soziales Produkt erklären könnten. Formale Modelle sind aber die Voraussetzung und operationale Grundlage für ein symbiotisches kreatives Zusammenwirken von Computer und Mensch. Erste Überlegungen zeigen, dass fundierte formale Modellierungen kreativer Prozesse auf grundlegende Probleme der theoretischen Informatik zurückführen, z.B. Selbstreferenz, Selbstmodifikation und Hierarchisierung in formalen Systemen.

1 Kreativ-Werkzeuge als Herausforderung für die Informatik

Von den neuen computerbasierten Informations- und Kommunikations-Technologien werden tiefgreifende Veränderungen unserer Kultur erwartet, so z.B. der Wechsel von verbalen in visuelle und von narrativen in interaktive Kommunikations- und Erlebnisformen. Gleichviel ob alle Erwartungen erfüllt werden, gewinnen in dem Maße wie sich die neuen Technologien ausbreiten auch die sogenannten „Kreativ-Industrien“ weiter an Bedeutung. Hierzu zählen u.a. Industrien wie Film, Architektur und Design, und vor allem weite Bereiche der sogenannten Neuen Medien. So wird das "Content Design", also die Aufbereitung der Inhalte und der Produktionsprozeß von interaktiven Anwendungen, in Zukunft eine zentrale Rolle bei der Informationsvermittlung und der Konstruktion von Erlebniswelten einnehmen. Aber auch die Forschungen in Natur- und Ingenieurwissenschaften werden immer stärker mit und durch den Computer betrieben. Wie weit bestimmen hier die Werkzeuge die Ergebnisse und vor allem die Sichtweisen mit? Die Entwicklung von formalen Systemen und Werkzeugen, die kreatives Arbeiten, wissenschaftliches und künstlerisches Forschen, oder komplexe Entscheidungsprozesse verstehen helfen und software-technisch unterstützen, zählt zu den großen Herausforderungen zukünftiger interaktiver Programmsysteme.

Sowohl Wissenschaft als auch Kunst sind in erster Linie soziale Konstruktionen. Die traditionelle und auch heute noch verbreitete Auffassung, die Kreativität als Leistung des singulären Individuums sieht, das im einsamen Ringen reine Originale hervorbringt, ist überbewertet. Kreativität ist immer gleichzeitig ein persönlicher und ein gesellschaftlicher Prozeß. Prinzipiell sollte die Frage vermieden werden, ob das Individuum als Schöpfer oder als Geschöpf von Kultur, Wissenschaft, Kunst, Wirtschaft und Technik gesehen werden muss. Vielmehr erzeugen sie sich gegenseitig, sind also Erzeugende und Erzeugte gleichermaßen.

Der Computer als entwurfsgenerierendes und entscheidungsunterstützendes Medium steht noch am Anfang seiner Entwicklung. Aber auch schon jetzt beeinflussen Computer – bewußt oder unbewußt - die Ergebnisse der Arbeitsprozesse. Fundierte Untersuchungen zu kreativen Mechanismen und zum kreativen Zusammenspiel von Mensch und Maschine sind schon deshalb wichtig, weil wir den Einflüssen der Werkzeuge ohnehin schon ausgesetzt sind, uns bleibt nur die Möglichkeit sie zu verstehen. Entscheidend ist, wie der Computer in Zukunft besser und bewußter in kreative Arbeitsprozesse eingebunden werden kann. Zwei Punkte sollten bei der Konzeption kreativitätsunterstützender Systeme bedacht werden:

- Alle existierenden Modelle und Theorien von Kreativität, sowohl diejenigen, die von der Inspiration des autonomen Genies ausgehen, als auch jene, die soziale Kommunikationsprozesse ins Zentrum stellen, können in kreativitätsunterstützenden Systemen Berücksichtigung finden. Häufig konzentrieren sich konstruktive computerbasierte Ansätze auf den eingeschränkten Bereich der individuellen, inspirierten Kreativität, die nun autonom von der Maschine erzeugt werden soll. Wichtig ist aber, beide Prozesse, den individuellen wie den gesellschaftlichen, gleichermaßen zu unterstützen.
- Entscheidend ist die Kreativität des Gesamtsystems, das symbiotische Zusammenspiel von Mensch und Computer. Welche Bereiche und Phasen des kreativen Prozesses dabei sinnvollerweise vom Benutzer und welche vom Computer übernommen werden, bleibt skalierbar. Am linken Ende der Skala hat der Benutzer die gesamte kreative Arbeit zu leisten und die Maschine ist lediglich ein Werkzeug im herkömmlichen Sinn. Am anderen Ende vollbringt die Maschine autonom kreative Leistungen. Am interessantesten und schon heute realisierbar sind Systeme, die im mittleren Bereich der Skala liegen, d.h. bei denen Neues durch das inszenierte Zusammenspiel beider „Partner“ entsteht.

2 Sichtweisen der Entstehung des Neuen

Es existiert eine Fülle von Literatur zu den Themen Kreativität, Emergenz und Innovation. Der vorliegende Beitrag kann der Vielfalt und Tiefe der Ansätze nicht annähernd gerecht werden. Eine allgemein akzeptierte Definition der Begriffe, geschweige denn eine Beschreibung, die einer maschinellen Implementierung direkt zugänglich wäre, existiert allerdings nicht. Im folgenden wollen wir die Ansätze zur Analyse des Phänomens der Kreativität grob in drei Kategorien einteilen: 1. Kreativität als spontane Inspiration, 2. Kreativität als soziales Produkt, 3. Maschinelle und maschinenunterstützte Kreativität. Die verschiedenen Sichtweisen sollen zunächst exemplarisch verdeutlicht werden. Die „Kreativität der Natur“ (Binnig 1989), eine Sichtweise, die auch emergenten physikalischen und biologischen Prozessen Kreativität zuspricht, und die insbesondere für die konstruktivistischen Modelle der maschinellen Kreativität eine wichtige methodische Quelle sein kann, bleibt hierbei weitgehend ausgeblendet. Sie würde den Rahmen des Beitrages sprengen. Komplexe dynamische Systeme, Selbstorganisation, Autopoiesis, Chaostheorie und Evolution sind einige einschlägige Begriffe, unter denen die entsprechenden Forschungsarbeiten stattfinden. Ein philosophischer und computertheoretischer Einstieg in das Thema Kreativität und Emergenz sind die Untersuchungen von (Syed Mustafa Ali 1999), insbesondere Kapitel 6 über Poiesis.

2.1 Kreativität als spontane Inspiration

Eine der ersten Darstellungen des Ablaufs kreativer Prozesse stammt von dem französischen Mathematiker Poincaré. Er analysierte mathematische Beweise und stellte fest, dass nicht der einzelne Schritt entscheidend für das Verständnis eines Beweises ist, sondern die Gesamtstruktur. Die Frage für ihn war, wie können solche Gesamtmuster erzeugt und verstanden werden? Auf der Basis der Darstellungen Poincarés formulierte Wallas 1926 eine Analyse des kreativen Denkens und schlägt ein vierstufiges Verfahren vor (Partridge und Rowe 1994): 1. Preparation, die Phase des konzentrierten Arbeitens und Datensammelns. 2. Inkubation, als Phase der Erholung und des unbewußten Verarbeitens, während das Bewußtsein mit anderen Dingen beschäftigt ist. 3. Illumination, als der Moment der Einsicht. 4. Verifikation, die Überprüfung der Ergebnisse. Der eigentliche „Mechanismus der Kreativität“ bleibt bei diesem oder ähnlichen Modellen vollkommen ungeklärt, der „schöpferische Akt“ wird lediglich als Erleuchtung, als „Aha-“ oder „Heureka-Erlebnis“ charakterisiert.

Arthur Koestler hat den schöpferischen Akt als „Bisoziation“ (binary association) von zwei oder mehr Gedankenmatrizen beschrieben, d.h. das in Beziehung setzen zweier Bezugsrahmen, die vorher nicht miteinander verbunden waren (Koestler 1964). Im kreativen Prozeß kommt es zu einer Verschmelzung von Gegensätzen. Was bisher unvereinbar gegenübergestellt war, ist nun permanent miteinander verbunden. Das Syntheseprodukt ist mehr als die Summe seiner Teile, es vollzieht den Sprung auf eine neue Qualitätsstufe. Einen weiterreichenden Erklärungsversuch für die Vorgehensweise des menschlichen Geistes bei der Lösung von Problemen beschreibt Edward de Bono mit seiner Gegenüberstellung von vertikalem und lateralem Denken (de Bono 1970). Während das vertikale Denken ständig Informationen reduziert und analysiert um sie in ein bestimmtes rationales Muster einzupassen, versucht das laterale Denken simultan die Synthese neuer Muster. Beim vertikalen Denken sind Klassen, Kategorien und Symbole fix, das Denken steht unter der Kontrolle eines dominanten Bezugsrahmens. Das laterale Denken dagegen versucht, unabhängig von bisherigen Erfolgen weitere alternative Bezugsrahmen zu entwickeln. Koestlers Unterscheidung zwischen dem „Denken auf einer Ebene“ und der kreativen Bisoziation, das viele Fragen nicht beantwortet, läßt sich gut in de Bonos Konzept des vertikalen und lateralen Denkens integrieren (Hampden-Turner 1991). Die „Inspirationalisten“ (Shneiderman 2000) betrachten Kreativität als ureigene menschliche Fähigkeit. Die These, die hinter den Ansätzen von de Bono, Michalko (Michalko 1998) u.a. steht ist aber die, dass Kreativität durchaus lehr- und lernbar ist (z.B. Brainstorming, freie Assoziation). Allerdings wird meistens übersehen, dass diese Verfahren die spontaneistische bzw. intuitionsgeleitete Auffassung von Kreativität nicht ersetzen, sondern radikal vertiefen (wollen), insofern als formalisierbare Aspekte der Kreativität an die Routine bzw. an die Maschine abgegeben werden können und das kreative Subjekt für genuinere Kreativitätsleistungen befreit wird.

2.2 Kreativität als soziales Produkt

Der Psychologe Mihaly Csikszentmihalyi ist der Überzeugung, dass die Frage: Was ist Kreativität? ersetzt werden muss durch die Frage: Wo entsteht Kreativität? „Jeder Kreative entwickelt sich in einem bestimmten Kontext, zu dem vielerlei gehört, auch das Arbeitszimmer und

die Landschaft, Familie und Freunde, auch Förderer, die in manchen Lebensabschnitten notwendig sein können“ (Csikszentmihalyi 1997). Kreativität wird eingebettet gesehen in eine praktizierende Gemeinschaft, in der Konventionen entstehen, zur Anwendung kommen und hinterfragt werden. Der Einzelne gilt als abhängig von den Prozessen, die Anerkennung und Ablehnung generieren. Ein ähnliches Bild entwickelt Peter Weibel für die Kunst, die er als soziale Konstruktion betrachtet (Weibel 1997). Der Künstler ist nicht das Genie, das originale Werke produziert, sondern im wesentlichen Übersetzungsarbeit leistet, individuelle Interpretationen von Geschichte. Die Bewertung der kreativen Leistung findet im sozialen Feld der Kultur statt, nämlich durch die Kritiker, Galeristen, Kuratoren und Sammler. Kunst ist somit nicht zuletzt Konsensbildung. Kritik am Konsens ist nur erfolgreich, wenn auch sie wieder Konsens erzielt. In der Sprache der Informatik heißt das, Regelveränderung kann erst dann erfolgreich sein, wenn das Ergebnis als neue Regel formuliert werden kann. In (Shneiderman 2000) wird diese Gruppe als „Situationalisten“ bezeichnet. Für Situationalisten müssen Werkzeuge es ermöglichen, leicht auf frühere Arbeiten zuzugreifen, sich mit Mitgliedern eines Arbeitsgebietes zu beraten, und die Ergebnisse der Arbeit anderen zur Verfügung zu stellen, d.h. sie in den gesellschaftlichen Prozeß zurückzuführen.

2.3 Maschinelle und maschinenunterstützte Kreativität

Ein früher Ansatz, Kreativität in Maschinen nachzubilden, sind die "Schöpferischen Automaten" des Kybernetikers Tihamér Nemes (Nemes 1967). Nemes wehrt sich gegen das von Lady Lovelace vorgebrachte Argument, Maschinen könnten nur ausführen, was ihnen vorher befohlen wurde. Er fragt, was denn wäre, wenn man den Mechanismus der Originalität selbst in die Maschine einbauen würde? Für ihn als Kybernetiker ist „die Originalität kein metaphysisches Etwas: sie hat ihre eigenen Naturgesetze, die erforscht und nachgebildet werden können“. Die Erforschung schöpferischer und ganz allgemein geistiger Funktionen kann nach Nemes auf drei verschiedene Weisen durchgeführt werden: 1. Subjektiv, d.h. introspektiv (durch Beobachtung des eigenen Inneren). 2. Objektiv, d.h. behavioristisch (Beobachtung des Verhaltens anderer Personen). 3. Konstruktiv, d.h. mit Hilfe der Kybernetik, die die Analyse eines Prozesses als technische Aufgabe auffasst. Interessant ist, dass die Methode der Selbstbeobachtung aufgeführt wird, die in der gegenwärtigen KI- und Kreativitäts-Forschung nur eine untergeordnete Rolle spielen. Als Beispiele für Ausnahmen sind (Wiener 1996) und (Konolige 1988) zu nennen. Unter Kreativität wird bei Nemes allerdings ausschließlich Problemlösungskompetenz verstanden, wobei er sich explizit auf die Arbeiten Pólyas (Pólya 1957) bezieht, die er versucht weiterzuentwickeln und auf eine allgemeine Programmstruktur abzubilden. Tihamér Nemes und seine Versuche der Mechanisierung der Kreativität haben inzwischen viele Nachahmer gefunden. Einige Einstiegspunkte sind (Boden 1990), (Hofstadter 1996), (Bringsjord, Ferucci 2000), (Sims 1991 und 1994) und (Partridge, Rowe 1994). Aus den Ansätzen zur maschinellen Kreativität soll der Ansatz von Ben Shneiderman (Shneiderman 1999 und 2000) herausgehoben werden. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er – im Gegensatz zu den anderen Ansätzen - die sozialen Prozesse bei der Kreativitätsunterstützung in den Mittelpunkt stellt. Sein „Genex Framework“ (generator of excellence) besteht aus einem Vier-Phasen-Modell, das die Benutzung digitaler Bibliotheken und den ständigen Austausch mit Gleichgesinnten und Ratgebern ins Zentrum stellt.

Im Zusammenhang mit kreativen Automaten muss allerdings ganz allgemein auf den Unterschied von Intelligenz und Kreativität im Problemlösungsverhalten hingewiesen werden. Die KI Forschung hat sich historisch weitgehend mit der Implementierung von Intelligenz und weniger mit der direkten Implementierung von Kreativität im Bereich der Problemlösung befaßt. Die enge Verbindung von Kreativität und Problemlösung ist gewiss ein erster Schritt, der jedoch Kreativität noch zu eng an Intelligenz bindet. Es gibt durchaus hohe menschliche Intelligenz ohne jegliche Kreativität, und nicht jeder Kreative ist notwendigerweise auch hoch intelligent. Psychologisch betrachtet, sind Intelligenz und Kreativität zwei weitgehend disjunkte Funktionen. Eine stark vereinfachende Sichtweise ist die Unterteilung von Problemlösungsprozessen in eine kreativen Phase, in der die Aspekte sich ausweiten und divergieren, gefolgt von einer analytischen Phase, die auf einen Erkenntnispunkt hin konvergiert.

Andererseits muss natürlich generell die Frage gestellt werden, ob nicht beide Bereiche - Intelligenz und Kreativität - durch die bisher enge Perspektive der Problemlösungs-Szenarien zu eingeschränkt gesehen werden. Fest steht, nur wenn es gelingt, zu eigenen Fragestellungen der maschinellen Kreativität (in Differenz zur KI-Forschung) vorzudringen, können auch eigenständige Theorien, Methoden und Anwendungen entstehen. Zur Verwirklichung von kreativitätsunterstützenden Systemen sollten deshalb zunächst neue Kooperationsformen zwischen Künstlern, Computerwissenschaftlern und Ingenieuren organisiert werden, um den Erfahrungsaustausch zwischen diesen heterogenen Gruppen zu forcieren. Erste Ansätze zu einer solchen Kooperation leistet z.B. die Universität Loughborough, in dem sie ein Forum für Künstler, Designer und Informatiker etabliert hat und eine entsprechende staatliche Förderung organisieren konnte. In diesem Rahmen finden dort auch seit 1993 Konferenzen mit dem Titel „Creativity and Cognition“ statt (Candy und Edmonds 1993, 1996, 1999). Als weiterer avancierter Ort ist die Kunsthochschule für Medien Köln zu nennen. Hier hat sich die Verbindung zwischen Informatik und Kunst aus den Fragen der medialen Praxis heraus zum zentralen Forschungsgegenstand entwickelt. In staatlich unterstützten Forschungsvorhaben werden die Wechselwirkungen von künstlerischer Praktik und Informatik sowohl unter der Perspektive einer Ausweitung künstlerischer Ausdrucksformen, als auch der Veränderung der zugrundeliegenden technischen Konzepte und formalen Strukturen untersucht. Weltweit entstehen ähnliche Labore, in denen das Zusammenwirken von Kreativität und Computer auf dem Prüfstand steht. Der renommierte HCI-Experte Ben Shneiderman hat vor kurzem "Creativity Support Systems" zur Herausforderung für die Interface-Entwicklung im kommenden Millennium erklärt (Shneiderman 2000).

3 Introspektion, Selbstmodifikation und Heterarchie als Bedingungen für kreative Problemlösungssysteme

Kreative Problemlösungsprozesse werden meist als mehrstufiges Phasenmodell dargestellt. Die einzelnen Methoden – gleichviel ob sie aus drei, vier, oder fünf Phasen bestehen – sind sich weitgehend ähnlich. In der (den) ersten Phase(n) wird versucht, Daten zu sammeln und dem eigentlichen Problem näher zu kommen und es zu verstehen. In der (den) folgenden Phase(n) werden Ideen, Lösungsvorschläge und Pläne entwickelt und angewendet. In der (den) letzten Phase(n) schließlich wird zurückgeblickt und eine Bewertung der Ergebnisse durchgeführt. Aus der Vielzahl der Lösungen wird eine Auswahl getroffen und die Ergebnisse kom-

muniziert. Diese klassische Sichtweise ist für konstruktive Prozesse allerdings wenig hilfreich. Die einzelnen Phasen enthalten wenige oder keine Hinweise auf Operationalisierbarkeit. Weder wird erklärt, wie es zum Problemverständnis kommt, noch wie Ideen und Pläne entstehen, noch welchem Geist die Bewertungskriterien entspringen. Letztlich wird an diesen Punkten wieder auf die spontane Inspiration zurückverwiesen.

3.1 Wie entstehen Probleme?

Bei den bisher betrachteten Modellen handelt es sich vorwiegend um eine problemlösungsorientierte Auffassung von Kreativität. Dagegen braucht es oft gerade Kreativität, um ein Problem überhaupt zu schaffen, ebenso um es zu erkennen. Muss Kreativität generell mit Problemlösung verbunden sein? Welche Probleme lösen kreative Künstler? Umgekehrt heißt es auch, Probleme sind Lösungen vorhergegangener Probleme. Kann es in manchen Bereichen also überhaupt Lösungen geben, oder vielmehr nur Fortschritte in der Problemstellung? Wie bereits weiter oben festgestellt, kann die enge Verbindung von Kreativität und Problemlösung nur ein erster Schritt sein, der allerdings Kreativität eng an Intelligenz bindet. All dies ist für die Implementierung und Realisation in Maschinen zu beachten.

In der kognitiven Psychologie werden Design-Probleme als schlecht definiert (ill-defined) und nicht abgrenzbar (open-ended) bezeichnet (Bonnardel 1999). Design-Probleme gelten als schlecht definiert, weil Designer anfänglich nur eine unvollständige und ungenaue Repräsentation des Design-Ziels haben. Problemabgrenzung und Problemlösung sind nicht zwei zeitlich getrennte Phasen, sondern ein iterativer, gemeinsam fortschreitender Prozeß. Designprobleme gelten andererseits als offen, weil es keine eindeutige korrekte Lösung für ein gegebenes Problem gibt, sondern viele mögliche Lösungen. Im Gegensatz zu mathematischen Problemen, gibt es keinen Zeitpunkt, zu dem das Problem als endgültig gelöst betrachtet werden kann. Auch konstruiert jeder Designer im Verlaufe des Arbeitsprozesses seine eigene Problemspezifikation und beschäftigt sich immer mehr mit einer Aufgabe, die eng mit seiner eigenen Person und Sichtweise verknüpft ist. Unterschiedliche Designer, denen die gleiche Aufgabe gestellt wird, werden zu unterschiedlichen Problemdarstellungen, Ideen und Lösungen kommen.

Selbst in den ursprünglichsten Anwendungsgebieten formalisierter Problemlösung - der Softwareentwicklung - treten die Schwächen gegenwärtiger mathematisch-formaler Sichtweisen deutlich zutage. Aufgrund der anhaltenden Softwarekrise sind die in der Praxis stehenden Softwareentwickler inzwischen überzeugt, dass Informatiker die Komplexität industrieller Softwaresysteme nicht mehr beherrschen können. Sie fordern eine Reform der Informatik, in der die Fähigkeiten eines koordinierenden Ingenieurs im Vordergrund stehen - und nicht die eines Mathematikers. Im Gegensatz zur Mathematik ist im Bereich der Softwareentwicklung 1. die Problemstellung nie vollständig, sondern läßt Ermessensspielraum der ausgehandelt werden muß, 2. müssen die zur Lösung zur Verfügung stehenden Bausteine teilweise erst durch einen mühsamen Kommunikationsprozeß gewonnen werden, und 3. ist die Lösung nur arbeitsteilig erreichbar, d.h. Fachleute aus verschiedenen Disziplinen müssen an einem koordinierten Kommunikationsprozeß teilnehmen. Primärer Kenntnisbedarf sind also nicht formale Methoden, sondern Kommunikationsmittel (Trogemann 2000).

Die Problemfindung und –eingrenzung wird bei den meisten Problemlösungsprozessen unterbewertet. Für problemlösungsorientierte Kreativprozesse ist aber gerade die Bestimmung des Problems der halbe Weg zur Lösung. Die selbstbestimmte Definition von Zielen, etwa als der Entwurf von neuen Horizonten (Kontexten, Rahmenbedingungen) ist deshalb neben Problemlösungs- und Bewertungsprozessen und -Strategien eine der großen Herausforderungen für die Formalisierung. Problemdenken in kreativen Prozessen bezieht die Persönlichkeit des Analysierenden mit ein, ist also ein selbstreferentieller Prozeß.

3.2 Wie entstehen Lösungs- und Bewertungsverfahren?

Nach Gotthard Günther können alle gegenwärtigen Computer nur Pseudo-Entscheidungen treffen. Der output jedes Computers ist vollständig bestimmt durch drei Faktoren: a) der Struktur der Maschine; b) dem Input (Programmierung); und c) der Information, die sich bereits aufgrund früherer Programmierungen in der Maschine befindet (der Geschichte der Maschine).

„Pseudo-decisions are characterized by the fact that their alternatives always lie within the conceptual range of the programmer. This, of course, does not exclude that the programmer is completely taken by surprise when faced with the decision a computer has made. (...) What is important in this case is that the possible choices were implicitly generated outside the computing system.“ (Günther 1970)

Um von „echten“ Entscheidungen sprechen zu können, fordert Günther die maschinelle Fähigkeit der „Selbsterzeugung von Wahlmöglichkeiten“, um dann über die selbst erzeugten Alternativen Entscheidungen zu treffen.

„On the other hand, a machine, capable of genuine decision-making, would be a system gifted with the power of self-generation of choices, and the acting in a decisional manner upon its self-created alternatives. (...) A machine which has such a capacity could either accept or reject the total conceptual range within which a given input is logically and mathematically located. It goes without saying that by rejecting it the machine displays some independence from the programmer which would mean that the machine has the logical and mathematical prerequisites of making decisions of its own which were not implied by the conceptual range of the programme. But even if we assume that the machine accepts affirmatively the conceptual context of the programme qua context, this is by no means the same as being immediately affected by the specific contents of the programme that the programmer feeds into it. If we call the first attitude of the machine critical acceptance of the programme and the latter naive acceptance, then it must be said that the differences of their handling a given input in both cases are enormous. In the first case a conceptual and therefore structural context is rejected this does not necessarily imply that also the specific content of the programme are rejected. They still may be accepted, but moved to a different logical or mathematical contextuality.“ (Günther 1970, p.6-7)

Zeitgenössische Arbeiten zu dieser Problematik finden sich bei Peter Cariani, der sich auf den Günther Kollegen Gordon Pask bezieht. Siehe dazu z.B. Robert Saunders.

"Implications for Design Computing: The emergence of new observational abilities is the current focus of work being done in design computing. The goal is the construction of creative design systems able to sense and adapt to changing requirements and potentials in a design. The task of creative design requires that the system encounter situations which are unforeseen. Cariani sums up the challenge that is facing design computing in the following way. "To build devices which find new observational primitives for us, they must be made epistemically autonomous relative to us, capable of searching realms for which we have no inkling." This seems to sum up our current ambitions for constructing creative design systems very well and it points us in the direction of a necessary requirement for doing so. But, what is an epistemically autonomous device and what are the implications of it's use? An epistemically autonomous device is

one capable of choosing its own semantic categories as well as its syntactic operations on the alternatives. An epistemically autonomous device therefore is not constrained by the semantic categories of an observer. How is such a device to be put to useful work if one of necessary conditions for its utility means that it may not share any common semantic categories with its users?" (Saunders 1998)

Einer der wesentlichen, wenn auch keineswegs ausreichenden Aspekte kreativer Systeme ist ihre Fähigkeit der Problemlösung verbunden mit Lernverfahren. Die gegenwärtigen Lösungs- und Bewertungsverfahren innerhalb problemlösender Systeme sind dagegen relativ einfach strukturiert. In der Regel sind sowohl die Lösungsverfahren als auch die Bewertungsmethoden starr vorprogrammiert. Es verändert sich weder der Algorithmus, noch der den Algorithmus konfigurierende Datensatz. Diese Systeme werden in der Literatur auch als „Lernen 0“ bezeichnet (von Goldammer, Kaehr 1989). „Lernen I“ steht für Systeme, bei denen aus eigener Leistung eine Adaption des gespeicherten Datensatzes an eine veränderte Situation erfolgt. In die Kategorie von Lernen 0 und I gehören sowohl Modelle der Neuroinformatik, Genetische Algorithmen, als auch alle bekannten mathematischen Klassifikations- und Optimierungsverfahren. Genetische Programmierung dagegen gehört zum Bereich Lernen II, da nicht nur die Operanden des Systems (die Datensätze) sondern auch die Operatoren (die Algorithmen) verändert werden. Programme erzeugen als output andere lauffähige Programme. Dies führt auch zum Konzept der Emergenten Genetischen Programmierung bzw. Emergenten Evolutionären Programmierung (Crutchfield, Mitchell 1995). Auf Lösungsstrategien (und Bewertungsverfahren) innerhalb mehrstufiger Kreativprozesse bezogen bedeutet das, die Methoden werden nicht unreflektiert auf das Problem angewendet, sondern die Lösungsstrategie selbst wird von einem übergeordneten Verfahren kontrolliert. Dieses Schema kann nun so fortgesetzt gedacht werden. Ein Algorithmus der nächst höheren Ebene beschreibt die Änderungen im Algorithmus auf der jeweils darunter liegenden Ebene.

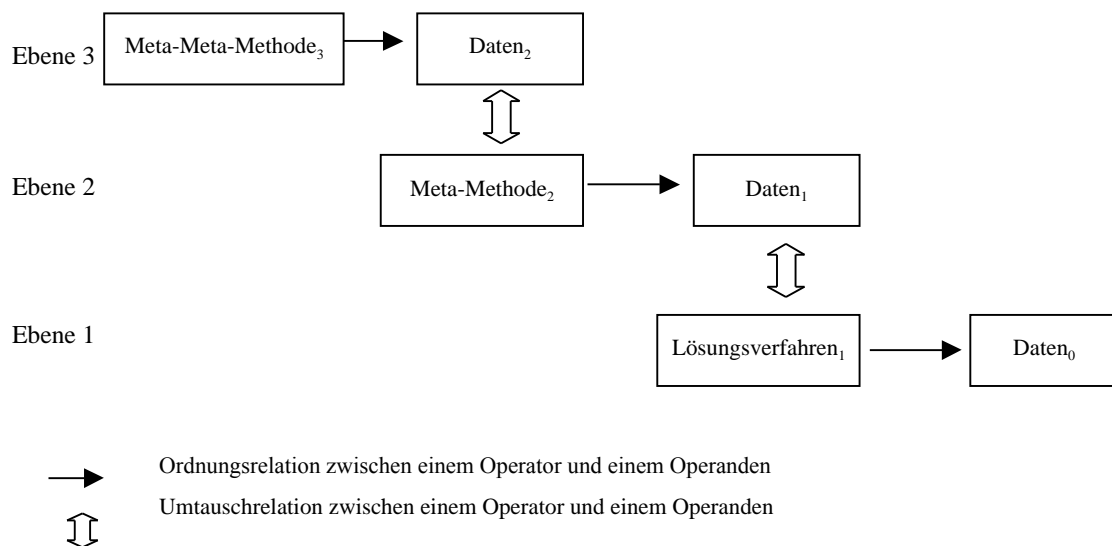


Abb. 1: Untersten 3 Ebenen der offenen algorithmischen Introspektion

In Abbildung 1 ist das Prinzip für die ersten 3 Ebenen dargestellt. In der Literatur werden solche Systeme als Meta-Level-Architekturen bezeichnet oder werden unter dem Schlagwort Computational Reflection behandelt (Maes und Nardi 1988). Der Ablauf des Schemas ist dort strikt serialisiert und erfolgt in Abbildung 1 von oben nach unten. Der Umtausch des Operators (Lösungsverfahren₁) der Objektberechnung zum Operanden (Daten₁) der Meta-Berechnung wird durch die Umtauschrelation beschrieben (Doppelpfeil in Abbildung 1).

Das Strukturschema eines derartigen reflexiven Berechnungssystems entspricht der offenen Proemialrelation Günthers (Kaehr, Mahler 1995). Der Proemialkombinator ist allerdings insofern allgemeiner, als er im Gegensatz zum strikten Nacheinander in der Computational Reflection die simultane Verkopplung von Objekt- und Metaberechnung erlaubt. Er bietet damit ein paralleles Modellierungskonzept für reflexive Systeme.

3.3 Die Aufhebung des Grundes

In der Informatik wäre der spontanen Inspiration nur der Sprung aus dem Regelsystem gleichzusetzen. Die Frage ist, wie diese Form der Diskontinuität eines Prozesses formalisiert werden kann. Der Sprung aus dem Regelsystem erfordert als Minimalbedingungen Introspektion und Selbstmodifikation. Innerhalb streng determinierter Systeme wie dem Computer, kann diese Selbsterzeugung, die ja gerade nicht anderweitig determiniert sein soll, nur aus dem Formalismus selbst kommen, sie ist also selbstreferenziell. Es kann nur in ein neues Regelsystem gesprungen werden, das aber nicht schon vorher existiert hat, sondern das durch das simultane Zusammenspiel eines verteilten Systems erzeugt wird. Das heterarchische System muss sich selbst so modifizieren, dass sowohl Absprungszeitpunkt und -ort, als auch der Landeplatz selbstgeneriert sind. Als erster Formalisierungsversuch könnten die sich selbstreproduzierenden Automaten John von Neumanns gesehen werden (Von Neumann 1966). Zunächst werden die Komponenten als Operanden an den neuen Ort kopiert, dabei gegebenenfalls auch soweit modifiziert, dass sie einen neuen Kontext beschreiben. Am neuen Ort werden sie dann als Operatoren gestartet. Der erstmalige Start der Operanden als Operator könnte als so etwas wie ein Sprung aus dem System interpretiert werden. Die Regeln, die vorher als Daten behandelt wurden, sind jetzt selbst Regeln, die nun möglicherweise die Kontrolle über die Regeln übernehmen, von denen sie generiert wurden. Es sind allerdings, wie das von Neumannsche Modell zeigt, trickreiche Konstruktionen erforderlich, damit Systeme sich selbst reproduzieren und dabei weiterentwickeln. Das System ist nicht mehr streng hierarchisch organisiert, sondern heterarchisch. Wer worüber die Kontrolle hat, ist nicht festgeschrieben, sondern eine Frage des Zeitpunktes. Da es hierbei um Probleme des Grundes, ontologisch, epistemologisch, logisch usw. geht, werden nun auch für Informatiker Heideggers Arbeiten zur Problematik und Auflösung des Grundes wichtig. Zumal in der angelsächsischen Literatur Heidegger (Der Satz vom Grund) bereits mit Erfolg in den Computerwissenschaften verarbeitet wird. Siehe dazu insbesondere (Syed Mustafa Ali 1999). Die formale Problematik von Selbstbezug und Grund ist auch ausführlich durch (Varela 1979) behandelt worden.

In ähnlicher Weise erfordert der Wechsel der Bezugsrahmen bzw. das Erzeugen immer neuer Bezugsrahmen im Koestlerschen Modell oder das laterale Erzeugen neuer Ideen bei de Bono

heterarchische Konstruktionen. Wir verlangen vom System eine Erweiterung seines eigenen Kontextes. Der Mechanismus der Erweiterung darf aber nicht ebenfalls schon vorgegeben sein. Die einfachste Grundstruktur, die in der Lage ist, diesen Prozeß abzubilden, ist die geschlossene Proemialrelation. Während bei der offenen Proemialrelation noch immer ein fester unveränderlicher Fixpunkt der Berechnung gegeben ist, nämlich der Operator der höchsten Ebene, können bei der geschlossenen Proemialrelation die Start-Algorithmen im Laufe des Prozesses irreversibel und vollständig zugunsten neuer Algorithmen überschrieben werden. Das rückgekoppelte verteilte System zieht sich selbst aus dem Sumpf der Startbedingungen. Dies ist allerdings nur möglich, wenn das System nicht mehr unter den Kategorien der ontologisch-semantischen Identität betrachtet wird. Ansonsten verfängt sich das System in Antinomien und trivialisiert sich zu nichts (brauchbarem). Von computerwissenschaftlicher Seite hat insbesondere B.C. Smith auf die Notwendigkeit einer Neuformulierung des logisch-ontologischen Identitätssatzes hingewiesen und dazu Pionierarbeiten vorgelegt, die das etwas verfrühte Unternehmen Günthers (1962: Cybernetic Ontology) im Nachhinein legitimieren:

"Real-world computer systems involve extraordinarily complex issues of identity. Often, objects that for some purposes are best treated as unitary, single, or "one", are for other purposes better distinguished, treated as several. Thus we have one program; but many copies. One procedure; many call sites. One call site; many executions. One product; many versions. One Web site; multiple servers. One url; several documents (also: several urls; one Web site). One file; several replicated copies (maybe synchronized). One function; several algorithms; myriad implementations. One variable; different values over time (as well as multiple variables; the same value). One login name; several users. And so on. Dealing with such identity questions is a recalcitrant issue that comes up in every corner of computing, from such relatively simple cases as Lisp's distinction between eq and equal to the (in general) undecidable question of whether two procedures compute the same function. The aim of the Computational Ontology project is to focus on identity as a technical problem in its own right, and to develop a calculus of generalized object identity, one in which identity -- the question of whether two entities are the same or different -- is taken to be a dynamic and contextual matter of perspective, rather than a static or permanent fact about intrinsic structure." (Smith 1996)

Eine mehr formale Thematisierung und Formalisierung im Sinne eines operationalen Modells, basierend auf der Polykontexturalen Logik und der Morphogrammatik, findet sich in (Kaehr, Mahler 1993).

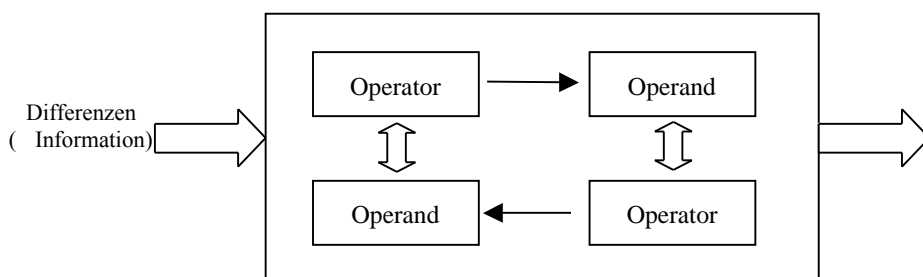


Abb. 2: Geschlossene Proemialrelation

In Abbildung 2 ist das Grundschema der geschlossenen Proemialrelation (Kaehr, Mahler 1995) skizziert. Aus dieser Grundstruktur heraus kann das System sich entfalten. Wiederum laufen, wie bei der offenen Proemialrelation, die Prozesse simultan ab. Nach Günther besteht ein System, das eine Erweiterung seines eigenen Kontextes vornehmen kann aus einem kognitiven und einen volitiven Prozeß (Günther 1979). Der volitive Prozeß strukturiert die Um-

gebung und legt den Kontext fest, in dem die empfangenen Signale (nicht zu verwechseln mit Information) eine Bedeutung erhalten. Der kognitive Prozeß klassifiziert und abstrahiert die Daten und erzeugt Inhalte und Bedeutung innerhalb des gewählten Kontextes. Beide Prozesse sind zueinander komplementär, es macht keinen Sinn, sie unabhängig voneinander betrachten zu wollen.

4 Ausblick: Individual-Software vs. Massen-Produkt

Softwaresysteme, die heute kommerziell vertrieben werden sind Massenprodukte. Um das Verhalten der Produkte individueller zu gestalten, bieten viele Programme die Möglichkeit, bis zu einem bestimmten Grad, eine Anpassung an die individuellen Präferenzen des Benutzers vorzunehmen. Diese benutzerselektierte Anpassung, z.B. mit Hilfe von Profildateien und Präferenzmenüs, ist sehr eingeschränkt und wird wenig benutzt. In den letzten Jahren wurden deshalb eine Reihe von Methoden entwickelt, mit deren Hilfe das System sich selbständig an den Benutzer und die Bedürfnisse der konkreten Interaktion adaptiert (Schneider-Hufschmidt, et.al. 1993). Hierzu bildet das System nach verschiedenen Methoden Annahmen über den Benutzer, die bei komplexeren Anpassungen in einem Benutzermodell gespeichert und verwaltet werden. Adaptivität und Benutzermodellierung sollen die Bedienbarkeit eines Systems im Hinblick auf Effizienz, Fehlerrate und Verständnis verbessern helfen.

Zur Verwirklichung von kreativitätsunterstützenden Systemen müssen ähnliche Mechanismen entwickelt werden. Gefragt sind Methoden, die auf den Aufbau einer längerfristigen Beziehung zwischen System und Benutzer abzielen, d.h. beide Seiten machen eine gemeinsame Entwicklung durch, dabei findet eine gegenseitige Adaption statt. Die Zielsetzung ist hierbei nicht in erster Linie die Verbesserung der Effizienz oder die Verringerung der Fehlerrate, sondern die Ausweitung des Leistungsspektrums und der Funktionalität des Gesamtsystems - bestehend aus Benutzer und Computersystem. In diesem Zusammenhang spielt die Benutzermodellierung ebenfalls eine wichtige Rolle, jedoch müssen die Erkenntnisse über die Interaktionsverläufe zu neuen Funktionalitäten und schließlich auch zur Herausbildung neuer Kontexte führen. Das Ziel sind Systeme, deren formale Grundstrukturen sich während der Benutzung verändern und wachsen können, d.h. nicht nur die Daten ändern sich, sondern auch die Algorithmen und mit ihnen der Kontext in dem das System agiert. Die größte Herausforderung ist damit die Formalisierung von Systemen, die ihr Verhältnis zu ihrer Umwelt selbstbestimmt ändern können, d.h. die während sie ausgeführt werden in der Lage sind, in neue selbst erzeugte Kontexte zu wechseln.

Literaturverzeichnis

- Binnig, G. (1989): Aus dem Nichts – Über die Kreativität von Mensch und Natur. München: Serie Piper
- Boden, M. (1990): The Creative Mind, Myths & Mechanism. London: Weidenfeld and Nicolson
- Bonnardel, N. (1999): Creativity in design activities: The role of analogies in a constrained cognitive environment. In: Candy, L.; Edmonds, E. (Hrsg.): Creativity & Cognition. New York: ACM Press, S. 158 –165
- Bringsjord, S.; Ferucci, D. (2000): Artificial Intelligence and Literary Creativity: inside the mind of BRUTUS, a storytelling machine. Mahwah u.a.: Lawrence Erlbaum Associates

- Candy, L.; Edmonds, E. (Hrsg.) (1993): Creativity and Cognition. International Symposium, Loughborough University, England
- Candy, L.; Edmonds, E. (Hrsg.) (1996): Creativity and Cognition. Second International Symposium, Loughborough University, England
- Candy, L.; Edmonds, E. (Hrsg.) (1999): Creativity and Cognition. Proceedings of the third International Symposium, Loughborough University, England. New York: ACM Press
- Crutchfield, J.P.; Mitchell, M. (1995): The Evolution of Emergent Computation. Santa Fe Institute, SFI Technical Report 94-03-012
- Csikszentmihalyi, M. (1997): Kreativität. Stuttgart: Klett-Cotta
- de Bono, E. (1970): Lateral Thinking: Creativity Step by Step. New York: Harper & Row
- Günther, G. (1970): Proposal for the Continuation of an Investigation of a MATHEMATICAL SYSTEM FOR DECISION-MAKING MACHINES Under Grant: AF-AFOSR 68-1391. Department of Electrical Engineering, University of Illinois, Urbana
- Günther, G. (1979): Cognition and Volition, A Contribution to a Cybernetic Theory of Subjectivity, in: Beiträge zu einer operationsfähigen Dialektik, Bd. II, Meiner Verlag Hamburg
- Hampden-Turner, C. (1991): Modelle des Menschen - Ein Handbuch des menschlichen Bewußtseins. Weinheim u.a.: Beltz Verlag
- Hofstadter, D. R. (1996): Die Fargonauten – Über Analogie und Kreativität. Stuttgart: Klett-Cotta
- Kaehr, R.; Mahler, T. (1995): Proömik und Disseminatorik. In: Selbstorganisation - Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften. Band 6: Ziemke, A.; Kaehr, R. (Hrsg.): Realitäten und Rationalitäten. Berlin: Duncker & Humblot, S. 111-159
- Kaehr, R. Mahler, T. (1993): Morphogrammatik: Eine Einführung in die Theorie der Form. Klagenfurter Beiträge zur Technikdiskussion 65
- Konolige, K. (1988): Reasoning by Introspection. In: Maes, P.; Nardi D. (Hrsg.): Meta-Level Architectures and Reflection. Amsterdam u.a.: North Holland Elsevier, S. 61 - 74
- Koestler, A. (1964): The Act of Creation. New York: Macmillan
- Maes, P.; Nardi D. (1988): Meta-Level Architectures and Reflection. Amsterdam u.a.: North Holland Elsevier
- Michalko, M. (1998): Cracking Creativity. Berkeley: Ten Speed Press
- Nemes, T. (1967): Kybernetische Maschinen. Stuttgart: Berliner Union GmbH, S. 237-243
- Partridge, D.; Rowe, J. (1994): Computers and Creativity. London: Intellect Books
- Pólya, G. (1957). How to Solve it: A New Aspect of Mathematical Method (second edition). New York: Doubleday Anchor Books
- Saunders, R. (1998): Implications for Design Computing.
<http://www.arch.usyd.edu.au/~rob/study/EmergenceAndArtificialLife.html>
- Schneider-Hufschmidt, M.; Kühme, T.; Malinowski, U. (Hrsg.) (1993): Adaptive User Interfaces: Principles and Practise. Amsterdam: North Holland Elsevier
- Shneiderman, B. (1999): User Interfaces for Creativity Support Tools. In: Candy, L.; Edmonds, E. (Hrsg.): Creativity & Cognition. New York: ACM Press, S. 15 –24
- Shneiderman, B. (2000): Creating Creativity: User Interfaces for Supporting Innovation. In: ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 1, March 2000, S. 114-138
- Sims, K. (1991): Artificial Evolution for Computer Graphics. Siggraph 91 Conference Proceedings. In: Computer Graphics, Volume 25, Number 4, Reading u.a.: Addison Wesley, S. 319-328
- Sims, K. (1994): Evolving Virtual Creatures. Siggraph 94 Conference Proceedings. In: Computer Graphics, Annual Conference Series, Reading u.a.: Addison Wesley, S. 15-22
- Smith, B. C. (1996): On the Origin of Objects, Cambridge: MIT Press
- Syed Mustafa Ali (1999): The Concept of Poiesis and its Application in a Heideggerian Critique of Computationally Emergent Artificiality, Brunel Univ.
- Trogemann, G. (2000): Irritation versus Intuition. Notizen zur Situation der Informatik, in: Fiktion als Fakt, "Metaphysik" der neuen Medien, Jahrbuch für Internationale Germanistik, Reihe C, Band4/5, Bern u.a.:

Verlag Peter Lang, S. 45 - 59

Varela, F. (1979): Principles of Biological Autonomy, Amsterdam: North Holland

von Goldammer, Kaehr (1989): "Lernen" in Maschinen und lebenden Systemen, in: Design & Elektronik, Verlag Markt und Technik, Ausg. 6, S. 146-151

von Neumann, J. (1966): Theory of self-reproducing Automata. Edited and completed by A.W. Burks, Urbana: University of Illinois Press

Weibel, P. (1997): Kunst als soziale Konstruktion. In: Müller. A.; Müller K.; Stadler F. (Hrsg.): Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft. New York u.a.: Springer-Verlag, S. 183-197

Wiener, O. (1996): Schriften zur Erkenntnistheorie. Wien u.a.: Springer Verlag