GENDER
OPEN
REPOSITORIUM

Die Produktion des Unerwarteten : Materialität und Körperpolitik in der neueren Künstlichen Intelligenz

Weber, Jutta

2015

https://doi.org/10.25595/2218

Veröffentlichungsversion / published version
Sammelbandbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Weber, Jutta: *Die Produktion des Unerwarteten : Materialität und Körperpolitik in der neueren Künstlichen Intelligenz*, in: Bath, Corinna; Bock von Wülfingen, Bettina; Bauer, Yvonne; Saupe, Angelika; Weber, Jutta (Hrsg.): Materialität denken : Studien zur technowissenschaftlichen Verkörperung (Bielefeld: transcript Verlag, 2015), 59–84. DOI: https://doi.org/10.25595/2218.

GenderOpen – Repositorium für die Geschlechterforschung: www.genderopen.de

FREIE UNIVERSITÄT BERLIN

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

Die Produktion des Unerwarteten. Materialität und Körperpolitik in der Künstlichen Intelligenz

JUTTA WEBER

> „We do not need to wait for the future to see the impact that the evolution of intelligent machines have on our understandings of human being. It is already here, already shaping our notions of the human through similarity and contrast, already becoming the looming feature in the evolutionary landscape against which our fitness is measured." (Katherine Hayles 2003: 116)

Was bedeutet es am Anfang des 21. Jahrhunderts einen Körper zu haben? Was verstehen wir heute überhaupt unter (unseren) Körpern? Viel war in diesem Zusammenhang in den letzten Jahren von Cyborgs die Rede, von Cyborgology und Mensch-Maschine-Fusionen. Eine Auseinandersetzung mit den Körperkonzepten vor allem neuerer Ansätze in der Künstlichen Intelligenz (KI) findet man aber trotz des großen Interesses für Cyborgs erstaunlicherweise kaum[1] – obwohl diese doch zentral sind für die Visionen vom Mensch-Maschine-‚Kontinuum'.

Im folgenden Beitrag möchte ich mich konkret mit dem Körperkonzept und dem Stellenwert von Körper und Materialität in der Künstlichen Intelligenz bzw. vor allem in der Artificial Life-Forschung[2] und Robotik auseinandersetzen, die sich in den letzten Jahren radikal gewandelt haben. Dabei sollen sowohl die beliebten Spekulationen über unser Cyborg-Dasein ein wenig mit Material unterfüttert werden als auch die

1 Ausnahmen sind hier Katherine Hayles 1999, 2003 sowie Barbara Becker 2000.

2 Der Abschnitt zur Artificial Life-Forschung beruht zu großen Teilen auf den Analysen in meinem Buch ‚Umkämpfte Bedeutungen: Naturkonzepte im Zeitalter der Technoscience' (Weber 2003).

Körperkonzepte der KI in ein Verhältnis zu den aktuellen kritischen Körperdebatten gesetzt werden.

Es gibt in der Moderne schon lange die Tradition, den Körper in den Begrifflichkeiten der jeweils vorherrschenden Technologie zu fassen, um sozusagen die Arbeitsweise der Natur mit der Logik der Technologie in den Griff zu bekommen.[3] Man denke an die klassischen Modelle vom Körper als präzise tickendes Uhrwerk oder als energiegeladene Dampfmaschine, für deren Energien immer wieder ein Ventil gefunden werden muss.[4]

Schon im 17. Jahrhundert hatte der Philosoph und Naturforscher René Descartes behauptet, dass Tiere und andere Organismen nur eine bestimmte Klasse von Automaten seien und damit den Spott seiner Förderin Christina, der Königin von Schweden, auf sich gezogen, die – auf eine Uhr zeigend – spöttisch erwiderte: ‚Sehen sie zu, dass sie Junge bekommt. Im 19. Jahrhundert war dann wiederum die Dampfmaschine beliebt, um ihre Funktionsprinzipien auf den Körper zu projizieren.[5] Heutzutage aber gilt weder die Uhr noch die Dampfmaschine als geeignetes Modell um die Arbeits- und Funktionsweisen des Körpers adäquat zu beschreiben. In der Informationsgesellschaft gilt der Computer – in den 1970er Jahren noch sehr blumig als Elektronengehirn tituliert – als die vorherrschende Technologie.

Das erstaunt in gewisser Weise, denn Computern oder Robotern wird nun nicht gerade Stoffwechsel oder Reproduktion nachgesagt – Eigenschaften, die lange als unabdingbar für das Lebendige galt. Sicherlich gibt es schon seit den 1950er Jahren theoretische Modelle und Simulationen der Reproduktion – wie z.B. die berühmten Zellulärautomaten von John von Neumann, nichtsdestotrotz gelten bis heute weder Reproduktion noch Stoffwechsel als genuine Eigenschaften von Computern. So stellt sich die Frage, warum der Computer dennoch zu einem so überzeugenden Modell für den Körper in der Gegenwart wurde. Wieso erscheint er bei weitem ‚lebendiger' als die Uhr oder die Dampfmaschine? (Vgl. hierzu u.a. Turkle 1996)

Der Computer als sich radikal durchsetzende ‚transklassische Maschine' (Bammé et al. 1983) ist nicht mehr auf einzelne technische Zwecke und Lösungen ausgerichtet. Sie ist nun „die materielle Umsetzung eines sehr allgemeinen formalen Systems" (Bammé et al. 1983: 148), die inhaltlich nicht gebunden ist – Bauplan und Programm, Hardware und

3 „Mankind has a long history of attempting to map the mechanics of his contemporary technology on to the workings of nature, trying to understand the latter in terms of the former." (Langton 1996: 41)

4 Vgl. hierzu den Text von Yvonne Bauer in diesem Band.

5 Während früher die vitalistische Vorstellung vom Lebensfeuer der Organismen vorherrschte, wird nun das Konzept des Stoffwechsels zentral, das mit mechanischen Vorstellungen von Kraft und Widerstand gekoppelt wird; vgl. Osietzki 1998.

Software sind voneinander getrennt. Die transklassische Maschine ist universal geworden, insofern ihre formale Struktur die Umsetzung von den unterschiedlichsten Algorithmen erlaubt: Sofern etwas als Algorithmus beschrieben werden kann, lässt es sich auch durch den Computer umsetzen.[6] Transklassische Maschinen sind universale Informationsumwandler geworden und führen nicht nur wenige spezielle Algorithmen aus. Insofern sind sie nun ausgesprochen vielseitig, flexibel und multifunktional. Genau diese Universalität und Flexibilität ist wohl auch die Grundlage für die Hoffnung auf lebendige(re) Maschinen.

Insofern die klassischen modernen Maschinen weniger flexibel waren, erscheinen sie uns zumindest in der Retrospektive als weit weniger ‚lebendig' und die Versuche, die Maschinenmetaphorik auf das Lebendige zu übertragen weitaus weniger überzeugend. Der chamäleonartige Charakter des Computers (vgl. Langton 1996), seine Flexibilität, scheint heute eine mögliche Instrumentalisierung des Lebendigen plausibel werden zu lassen und unterstützt so Träume der Fusionierung von Organismus und Maschine.

Und genauso wie die Konstrukteure mechanischer Maschinen in der Moderne träumen die Kybernetiker, Artificial Life-Forscher und Robotikerinnen[7] im 20. Jahrhundert davon, organismus-ähnliche Maschinen zu bauen. John von Neumann, einer der Gründer der Kybernetik, stellte etwa die Frage, wie ähnlich ein mechanisches Simulakrum einem Organismus werden kann (vgl. Keller 2002: 269). Norbert Wiener, der Kybernetik als „the study of control and communication in the animal and the machine" (Wiener 1961) verstand, glaubte an die Kompatibilität und sogar Homologie zwischen Organismen und Maschinen: „[T]he distinction between material transportation and message transportation is not in any theoretical sense permanent and unbridgeable." (Wiener 1954: 136) Und lange vor dem beliebten ‚Beamen' des *Raumschiff Enterprise* behauptet er, dass es theoretisch möglich sei, einen Menschen durch eine Telegraphenleitung zu schicken (vgl. Wiener 1964).

Heute sind viele Forscher in der Robotik, Künstlichen Intelligenz und Artificial Life-Forschung davon überzeugt, dass die Grenzen zwischen Maschinen und Organismen fließend sind. Einige von ihnen halten sogar die inhärente Logik des Computers für identisch mit der von Organismen. Christopher Langton, ‚Gründervater' der Artificial Life-Forschung, schreibt hierzu:

„Organismen wurden mit extrem komplizierten und fein abgestimmten biochemischen Maschinen verglichen. Seit wir wissen, dass es möglich ist, die

6 Ausführlicher hierzu Heintz 1993; Weizenbaum 1994.

7 In loser Folge wird im Text sowohl das generalisierte Maskulinum wie Femininum gebraucht, um die nicht immer zufrieden stellende Lösung des großen ‚I's zu vermeiden. D.h., dass mit Robotikerinnen durchaus auch Robotiker gemeint sind, sowie mit Artificial Life-Forschern auch Artificial Life-Forscherinnen.

logische Form einer Maschine von ihrer physischen Hardware zu abstrahieren, ist es nur natürlich, sich zu fragen, ob es möglich ist, die logische Form eines Organismus von seiner biochemischen Wetware zu abstrahieren." (Langton 1996: 54f; Übers. J.W.)[8]

Könnte man die inhärente Logik eines Organismus von seiner physischen Grundlage abstrahieren, so wie die Software von der Hardware, ließe sie sich natürlich auch wunderbar in künstliche Systeme übertragen. Nicht zuletzt deshalb wird die Analogie zwischen Computer und Organismus gestärkt.

Bevor ich aber ausführlicher auf die Rekonfiguration von Körpern durch die Diskurse und Praktiken der Artificial Life-Forschung und Robotik eingehe, möchte ich diese kurz skizzieren und ein paar Bemerkungen zur Entwicklung des informationstheoretisch interpretierten und modellierten Körpers machen.

Artificial Life

Die Artificial Life-Forschung – oder kurz auch ALife oder AL-Forschung – entstand Ende der Achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts und ist ein genuin interdisziplinäres Forschungsfeld zwischen Mathematik, Physik, Informatik, Kognitionspsychologie, Neurophysiologie und Biologie. Artificial Life ist eine Wissenschaft, die die „essentiellen Eigenschaften des Lebens – Eigenschaften die jedes lebende System *im Prinzip* teilen müsste" (Langton 1996: 39; Herv. u. Übers. J.W.) erkunden und in künstliche Systeme übertragen möchte. In der AL-Forschung geht es um die Implementierung oder doch Simulation von Lebensprinzipien, die die „synthetische Schaffung alternativer Lebensformen" (Dautenhahn 1995: 34) ermöglichen soll. Intelligente, nicht-organische Artefakte, d.h. Softwareprogramme und Roboter, sollen zu autonomem Verhalten in komplexen Umwelten befähigt werden (vgl. Becker 2000).

Auch wenn man sich in der AL-Forschung nicht auf eine einheitliche Lebensdefinition einigen kann (vgl. u.a. Boden 1996; Langton 1996), so *wird* Leben doch primär als ein allgemeines Prinzip verstanden, das sich in Selbstorganisation, genetischem Programm bzw. Informationsverarbeitungsprozessen manifestiert.

ALife-Ansätze und Methoden – wie z.B. genetische Algorithmen – sind heute wichtige Bausteine der Informatik. Kommerzielle Anwendungen findet man in der Robotik, der Computer- und Filmanimation, in der

8 „Organisms have been compared to extremely complicated and finely tuned biochemical machines. Since we know that it is possible to abstract the logical form of a machine from its physical hardware, it is natural to ask whether it is possible to abstract the logical form of an organism from its biochemical wetware." (Langton 1996: 54f.)

Telekommunikation, aber auch im Gesundheitswesen, in militärischen Anwendungen und in der Weltraumforschung. Die Implementierung von lebensähnlichem Verhalten in digitale Systeme erscheint heute so vielversprechend, dass die Artificial Life-Forschung und vor allem auch die neuere Robotik, die mit diesen Ansätzen arbeitet, sowohl von der Industrie, vom Militär wie vom Staat kräftig gefördert und gesponsert wird.

Gleichzeitig unterstützen AL-basierte Computerspiele (wie z.B. *Game of Life*, *SimLife*, *Tierra*, *Blind Watchmaker*) und Computeranimationen eine informationstheoretisch verstandene ‚Logik des Lebendigen', nach der Lebewesen „physikalische Verkörperungen von Information tragenden Wesen sind. [...] Ein großer Teil dessen, was sie tun, basiert auf der Weiterleitung von Informationen, also nicht nur auf der Weiterleitung von Materialien oder Energie, sondern von Informationen" (Langton, zit. n. Levy 1996: 135f.).

Informationsverarbeitung wird heute als das wesentliche Kontrollmoment in lebenden Systemen angenommen. Das Organisieren, Speichern, Modifizieren und Weiterleiten von Information gelten häufig als unabdingbare Eigenschaften des Lebendigen (vgl. Hayles 1999: 240f; Keller 1995; Kay 1998) – Eigenschaften, die günstiger Weise auch Computer aufweisen.[9]

Die AL-Forschung basiert auf Informationstheorie, Selbstorganisations- und Systemtheorie bzw. auf der Theorie komplexer Systeme. Sie will nicht nur Selbstorganisationsprozesse geschlossener Systeme beschreiben[10], sondern auch die spontane Entstehung von Neuem in nichtlinearen, dynamischen Systemen erfassen (vgl. Hayles 1999: 222). Das Phänomen der Emergenz, wie es von der Komplexitätstheorie bzw. der Theorie nichtlinearer Systeme beschrieben wurde, ist ein wesentlicher Fokus des Interesses. Emergenz bezeichnet einen qualitativen Sprung, die Entstehung von etwas qualitativ Neuem auf einer höheren und komplexeren Ebene, wobei sich dieser Prozess nicht kausal als linear verlaufende Höherentwicklung und stete Zunahme von Komplexität erklären lässt.[11]

Die AL-Forschung geht davon aus, dass dieses komplexe Verhalten, welches für nichtlineare dynamische Systeme wie z.B. Organismen, aber auch Strömungsvorgänge typisch ist, auf einigen wenigen simplen Re-

9 Im thermodynamischen Diskurs spielte der Stoffwechsel eine zentrale Rolle für die Funktion des Lebendigen. Diese verschwindet nun zunehmend und Information wird in den Mittelpunkt gerückt.

10 Des Weiteren geht auch Alife von einer engen Kopplung von System und Umwelt aus, wobei zwischen System und Umwelt nicht radikal unterschieden werden kann. Zwischen diesen liegt keine unüberwindbare erkenntnistheoretische Kluft vor (wie etwa bei der Autopoiesistheorie Maturanas); vgl. Boden 1996: 22; bzgl. der drei Stufen in der Kybernetik vgl. auch Hayles 1999, Kapitel 1.

11 Emergenz bedeutet, dass „[...] in einem strukturierten System auf höheren Integrationsebenen neue Eigenschaften entstehen, die sich nicht aus der Kenntnis der Bestandteile niedrigerer Ebenen ableiten lassen" (Mayr 1998: 42).

geln beruht. Allerdings erscheint es nicht so einfach, diese einfachen Regeln zu erkennen bzw. sie den komplexen Systemen abzuringen. Insofern wird nicht das klassische analytische Verfahren der Zerlegung eines Phänomens in seine kleinsten Teile beschritten, sondern das so genannte ‚synthetische': Nicht die Reduktion komplexer Sachverhalte durch die Zerlegung des Gegenstands in kleinste Teile bestimmt das methodische Vorgehen, sondern einfache kleinste Bestandteilen werden kombiniert, die sich z.B. in und über Softwareprogramme aufgrund nichtlinearer und emergenter Prozesse ausdifferenzieren und zu immer komplexeren Formationen, ja sogar zu komplexen Welten fügen sollen.

„This is the key feature of linear systems: by studying the parts in isolation, we can learn everything we need to know about the complete system. [...] The key feature of non-linear systems is that their primary behaviours of interest are properties of the interactions between the parts, rather than being properties of the parts themselves, and these interaction-based properties neccessarily disappear when the parts are studied independently." (Langton 1996: 53)

Parallelrechner ermöglichen mit ihren gleichzeitig arbeitenden Prozessoren die parallele Abarbeitung von Softwareprogrammen, die zu neuen und komplexeren Softwarekonstellationen führen sollen.[12] Von ein paar *einfachen Regeln* ausgehend soll über endlos rekursive Schleifen Komplexität spontan emergieren.[13] Innerhalb dieser auf Parallelität und Emergenz aufbauenden biokybernetischen Logik sollen verschiedene Eigenschaften des Lebendigen wie z.B. die Fähigkeit zur Reproduktion, zur Evolution, zur Selbstorganisation oder auch Lernfähigkeit auf unbelebte Systeme übertragen und Artefakte ‚lebendig' gemacht werden (vgl. Cordis 2000a).

Natürlich sind die Ergebnisse der Emergenz nicht vorhersehbar, doch das Phänomen selbst soll von den Technowissenschaften für ihre eigenen Zwecke dienstbar gemacht werden – und im Nachhinein im analytischen Verfahren rekonstruiert werden. Als einfaches und klassisches Beispiel für eine digitale Nachkonstruktion des Phänomens der Emergenz in der Artifical Life-Forschung möchte ich Craig Reynolds Computerprogramm zur Simulation von Flugverhalten bei Vögeln bzw. Boids vorstellen.

12 Diese „[...] bestehen aus Populationen von einfachen Programmen oder Spezifikationen; es gibt kein Programm, das die anderen Programme steuert; jedes Programm enthält Einzelheiten für die Reaktion eines einzelnen Wesens in lokal begrenzten Situationen; es gibt keine Regeln in diesem System, die das globale Verhalten bestimmen; jedes Verhalten, das auf einer höheren Ebene als das individuelle Programm abläuft, ist daher neu entstanden" (Levy 1996: 133).

13 Vgl. hierzu auch John von Neumanns Cellularautomaten, die ihr Vorbild in biologischen Neuronen-Netzwerken haben.

Biomorphe – z.B. Boids

Der Computer*animator* (sic!) Craig Reynolds wollte das Flugverhalten von Vögeln im Computer simulieren. Reynolds ging dabei vom synthetischen – oder wie er auch genannt wird –, vom Bottom-up-Ansatz aus. Für ihn beruhte das komplexe Verhalten eines Vogelschwarms auf dezentralen Aktivitäten und war das Ergebnis eines kollektiven Zusammenspiels, das keiner zentralen Lenkung bedurfte. Er ging davon aus, dass das komplexe Verhalten des Vogelschwarms das Produkt einfacher Regeln war, die von jedem Vogel im Schwarms befolgt wurden. Drei einfache Grundregeln des Flugverhaltens seiner Boids (Abk. von birdoid = Vogelartiger) formulierte Reynolds nun für seine Computersimulation des komplexen Schwarmverhaltens: Zum einen passt sich jeder Vogel der Fluggeschwindigkeit seiner Umgebung an; er hält einen Minimumabstand von jedem anderen Objekt und strebt tendenziell der Mitte des Schwarms zu.

Nachdem er sein Computerprogramm ‚zum Laufen' gebracht hatte, zeigte es beim ersten Versuch „[e]ine komische Art von Schwarmverhalten, das man in der Natur so nicht zu sehen bekam" (Reynolds zit. n. Levy 1996: 100). Doch stolz behauptete er: „(M)an wusste sofort, um was es sich handelte" (ebd.). Es bedurfte noch einiger Verbesserungen des Programms, doch dann waren die meisten Mitglieder der Artificial Life-Community (und später Zeichentrickfans) beeindruckt von seiner ‚naturgerechten' Simulation. Christopher Langton beurteilt das Schwarmverhalten der boids sogar als emergentes Verhalten, da es nicht zentral gesteuert sei, sondern auf der Korrespondenz der einzelnen Boids auf lokalen Bedingungen beruht (vgl. Langton 1996: 66). Nun ist er sich durchaus bewusst, dass Boids nicht den gleichen ontologischen Status haben wie Vögel, da erstere Informationsstrukturen seien, während zweitere eine reale physische Struktur hätten. Aber auf der Ebene des Verhaltens gäbe es eine Identität von Boids und Vögeln, da das Schwarmverhalten in gleicher Art und Weise in künstlichen wie natürlichen Systemen emergiere. Allein die Beschaffenheit der Bestandteile künstlicher Systeme sei eben künstlich, nicht aber die in ihnen entstehenden emergenten Prozesse (vgl. ebd.: 68). Damit wird ein radikaler Schnitt zwischen Materie und Form vorgenommen und *Leben* manifestiert sich in dieser Logik in der *Organisation* von Materie und deren emergenten Effekten:

„Leben ist eine Eigenschaft der Form, nicht der Materie, ein Resultat der Organisation von Materie und nicht von etwas, das der Materie inhärent ist. Weder Nukleotiden noch Aminosäuren sind lebendig, wenn man sie aber in der richtigen Art und Weise zusammenfügt, dann ist das dynamische Verhalten

das aus ihren Interaktionen emergiert, das, was wir Leben nennen." (Langton 1996: 53)[14]

Diese Trennung von Stoff und Form, von Materie und Information ist ein altbekanntes Muster westlichen Denkens. In dieser polarisierenden und hierarchischen Logik ist Materie nichts als passives Material, welchem eine Form aufgeprägt wird. Und klassischerweise ist die Form das kreative, das entscheidende – eben aktive – Moment. Parallelisiert wurde dann häufig das passive Material mit dem ‚Weiblichen', während die Form und das aktive Moment als ‚männlich' gekennzeichnet wurde. Diese Argumentation findet sich von Aristoteles' Zeugungstheorie bis zur Entwicklungsbiologie und setzt sich auch in vielen kosmologischen Schöpfungs- und philosophischen Weltordnungsvorstellungen bis zur Gegenwart fort (vgl. Klinger 1995: 43ff). Nach altvertrautem Muster ist die Grundlage der Schöpferpotenz maskulinistischer Wissenschaft die Überlegenheit des Geistigen über das Körperliche, der Information über die Materie (vgl. Hayles 1999: 19) – wobei häufig zweiteres dem so genannten Weiblichen zugeordnet wird. (Vgl. u.a. Keller 1992; Saupe 2002)

Das Lebendige teilt sich in der Logik der Artificial Life-Forschung in dynamische und emergente und gleichzeitig probabilistisch nachvollziehbare Prozesse der Selbstorganisation auf der einen Seite und einer statischen, passiven und hinsichtlich der dynamischen Prozesse indifferenten Materie als Informationsträger. Die tote Materie liefert die kleinen und kleinsten Bausteine, die nach logischen Regeln im Rahmen komplexen Verhaltens organisiert werden. Die angebliche Irrelevanz der jeweiligen materialen Grundlage garantiert die Möglichkeit zur Übertragung dieser neuen ‚Naturgesetze' auf künstliche Systeme. Doch während hier auf der einen Seite klassische reduktionistische Politiken der Natur- bzw. Technowissenschaften fortgesetzt werden, wird nichtsdestotrotz ein neues Modell des Organismus formuliert, das auf dem Konzept der Emergenz – oder wie Luciana Parisi und Tiziana Terranova es nennen – das der Turbulenz basiert (vgl. Parisi/Terranova 2000).

Der Traum von der permanenten Erneuerung

Am Ende des 20. Jahrhunderts skizzieren Artificial Life-Forschung und neuere Robotik Natur und Körper als flexibel, als emergent und permanent verändernd und veränderbar. Das Moment des Neuen, der Spontaneität – eben der Emergenz – steht im Mittelpunkt.

14 „Life is a property of *form*, not of *matter*, a result of the organization of matter rather than something that inheres in the matter itself. Neither nucleotides nor amino acids nor any other carbon-chain molecule is alive – yet put them together in the right way, and the dynamic behaviour that emerges out of their interactions is what we call life." (Langton 1996: 53)

„Über komplexe Feedbackschleifen werden Abweichungen generiert, die die turbulente Maschine des Lebens in Bewegung setzen [...]. Leben tendiert [...] Richtung Abweichung, Mutation und Variation, was wiederum zu erhöhten Ebenen von Komplexität führt." (Parisi/Terranova 2000: 9; Übers. J.W.)[15]

Allerdings spielt sich die Spontaneität der Natur in den geordneten Bahnen der Selbstorganisation ab, so dass diese nicht mehr primär als unkalkulierbar und bedrohlich erscheint – wie etwa früher in alltagsweltlich geprägten vitalistischen Vorstellungen (vgl. Osietzki 1998). Emergenz verläuft nach – wenn auch noch nicht restlos aufgeklärten – informationstheoretischen Mustern, die sich probabilistisch einschätzen und vor allem auch rekonstruieren lassen. Innerhalb dieser Logik sind Natur wie Körper parallel konstruiert, dezentral organisiert und – mit Blick auf die Emergenz – vor allem innovativ. Sie werden verstanden als „fast, responsive, flexible and self-organizing system(s) capable of constantly reinventing itself, sometimes in new and surprising ways" (Hayles 1999: 158).

Diese Kreativität der emergenten Prozesse soll wiederum ‚abgeschöpft', für technowissenschaftliche Verfahren nutzbar gemacht werden. Das soll die Entwicklung komplexer Systeme mit der Fähigkeit zur permanenten Erneuerung, Neugestaltung und Spontaneität ermöglichen – eben komplexe lebendige Maschinen, die wachsen und sich entwickeln. Die *Produktion des Unerwarteten* wird als wesentliche Voraussetzung verstanden, um neue, vielfältige Artefakte entwickeln zu können, die komplexe Aufgaben übernehmen können und mit und an ihnen wachsen. So hofft z.B. die British Telecom auf Bottom-up-Ansätze in der Artificial Life-Forschung für die Entwicklung von Software, die riesige Telekommunikationssysteme mit permanent wachsender Komplexität managen kann.

Dynamische Körper ohne Begrenzungen?

Dieses neue Konzept eines dynamischen, turbulenten Körpers scheint trotz aller Einschränkungen bei weitem offener, vielfältiger und flexibler zu sein als klassische mechanistische Modelle. Donna Haraway (1995) hat vielfach beschrieben, wie in der Postmoderne der nun dynamische Körper zu einem multiplen, verteilten Netzwerk mit komplexen, miteinander verwobenen dynamischen Systemen wird, zu einer Art halbdurchlässigem Selbst, das sich permanent konstruiert und gleichzeitig konstruiert wird. Nun stellt sich die Frage, ob das Entstehen dieses neu-

15 „[C]omplex feedback loops are the means through which deviations are generated, therefore putting in motions the turbulent machine of life [...]. Life does not tend toward entropy but towards deviation, mutation and variation leading to increased levels of complexity." (Parisi/Terranova 2000: 9)

en Körperverständnisses den Zusammenbruch des alten humanistischen und hierarchisch organisierten Körpers bedeutet – und womöglich auch der damit verbundenen Dualismen.

Der turbulente Körper ist sicherlich offener und weniger starr konzipiert, aber nichtsdestotrotz wird er von Grenzen markiert, die helfen, Kontrollmechanismen jenseits klassischer Kontrolle zu etablieren. Manche dieser Grenzen sind altvertraut, andere neu. Einige der Grenzen habe ich schon angedeutet. Die Grenze zwischen Materie und Form bzw. Materie und Information wird auch in der Artificial Life-Forschung beibehalten und die beiden Pole werden in ein hierarchisches Verhältnis gesetzt. Dieser Dualismus wird nicht zuletzt durch ein dekontextualisiertes und abstraktes Verständnis von Information befördert, welches wiederum auf natürliche Systeme projiziert wird:

„[I]nformation wird zunehmend so wahrgenommen, als ob sie Materie durchdringt. Vor allem für jene Nutzer, die nicht wissen, was für materiale Prozesse involviert sind, entsteht der Eindruck, dass (Informations-)Muster die materialen Grundlagen dominieren. Dann ist es nur noch ein kleiner Schritt, Information als beweglicher, wichtiger und für wesentlicher zu halten als ihre materialen Grundlagen." (Hayles 1999: 19; Übers. J.W.)

Der Dualismus von Materie und Form ist eng verwoben mit dem der Partikularität und der Universalität, mit dem Besonderen und Allgemeinen. Dies wird deutlich, sieht man sich den so genannte holistischen Ansatz der Artificial Life-Forschung genauer an. Er geht von einfachen Regeln des Verhaltens paralleler, verteilter Systeme aus, um so emergente Effekte beobachten oder gar selbst produzieren, um sie sozusagen fungibel machen zu können. Dabei wiederholt Artificial Life „den alten Mythos der Wissenschaft, dass einfache Regeln und Formen der Ausgangspunkt für phänomenale Komplexität seien" (Hayles 1999: 232). Doch diese Annahme ist nicht weniger reduktionistisch als der analytische Ansatz. Dies liegt *nicht* daran, dass hier Modelle für die Simulation und Konstruktion dynamischer Prozesse entworfen werden – dies ist unvermeidbar –, sondern daran, dass einfache Regeln als reale und natürliche betrachtet werden und nicht als heuristische Hilfsmittel. Einige Artificial Life-Forscher glauben sogar daran, dass diese Regeln Teil einer allgemeinen mathematischen Struktur seien, die dem kompletten Universum zugrunde liegt. Die Herausforderung ist dann, diese ubiquitären und einfachen Regeln komplexen Verhaltens herauszufinden, welches die ganze Welt regiert. Die alte Hierarchisierung des Allgemeinen und des Besonderen wird wieder einmal vollzogen.

Bodypolitics

> „Der menschliche Körper bzw. das offene Kommunikationssystem des Körperinneren ist zu einem strategischen Feld der Praktiken und der Bedeutungen geworden. Er ist durch Verletzlichkeit, Kontingenz und Vielfalt gekennzeichnet. Durch die Transformation des Natur- und Körperbegriffs von einem geschlossenen und hierarchisch strukturierten Organismus zu einem dynamischen, aber auch bedrohlich offenen Netzwerksystem, hat sich die *Technoscience* jedoch gleichzeitig die Legitimationsgrundlage geschaffen, mit Hilfe technologischer Praktiken das System zu schützen bzw. lebensfähigere Körper zu produzieren." (Yvonne Bauer 2003: 190f.)

Die alten Trennungen zwischen Materie und Form, zwischen dem Besonderen und dem Allgemeinen setzen sich offensichtlich in der Artificial Life-Forschung fort. Doch der turbulente Körper wird nichtsdestotrotz als offenes, flexibles, netzwerkartiges Feld beschrieben, durchzogen von zirkulären Feedbacks. Ließe sich hier nicht eine Möglichkeit finden zur Überwindung des disziplinierten Körpers der Moderne?

Donna Haraway fragt im Rahmen ihrer Analyse postmoderner Körper, ob nicht „das Immunsystem – dieses fließende, verteilte und vernetzende technisch-organisch-textuell-mythische System, [...] das endgültige Zeichen einer altruistischen Evolution in Richtung Ganzheitlichkeit" (Haraway 1995: 184) repräsentiert? Haraway beantwortet ihre Frage mit Blick auf den Diskurs des Immunsystems mit einem klaren Nein. Aber könnte nicht vielleicht das Verständnis des Körpers als offenes, parallel arbeitendes und verteiltes System in der AL-Forschung ein möglicher Ausgangspunkt für eine neue Körperpolitik jenseits disziplinierter Körper sein?

In den erwähnten technowissenschaftlichen Diskursen und Praktiken wird der neue turbulente Körper mit seiner Produktion von Differenzen und seiner Fähigkeit zu emergentem Verhalten als vielversprechend für die Entwicklung flexibler und komplexer Maschinen und Technologien betrachtet. Es wird sogar auf die Entwicklung ‚lebendiger Artefakte' spekuliert, die eine Auflösung der Grenzen von Menschen und Maschinen ermöglichen sollen. Aber das bedeutet noch lange keine postessentialistische Körperpolitik jenseits der Kategorien von Geschlecht, Klasse oder Rasse oder generell jenseits alter Hierarchisierungen und Polarisierungen.

Das Interessante an der Rekonfiguration des Körpers durch die Artificial Life-Forschung ist u.a., dass im Zuge ihrer Konzeptionalisierung des Körpers als offen und veränderbar, dieser gleichzeitig als sehr verwundbar, noch mehr der Kontingenz unterworfen und gefährdet beschrieben wird. Der organische bzw. kohlenstoffbasierte Körper scheint

zunehmend Anlass zur Sorge und Beunruhigung zu geben. Einer der Hauptgründe hierfür scheint seine ganz konkrete und materiale Situiertheit zu sein. Während in künstlichen Organismen Prozesse der Emergenz, der Abweichung, Verschiebung und Mutation benutzt werden, um neue und bessere Softwareprogramme und Roboter zu entwickeln, scheinen ‚natürliche' emergente Prozesse den kohlenstoffbasierten Körper nur zu destabilisieren und zu bedrohen.

Die menschliche ‚Wetware' muss dieser Interpretation zufolge dann von künstlichen Systemen stabilisiert und geschützt werden. Letztere werden dann als robuster interpretiert oder auch imaginiert. Dementsprechend findet sich in der AL-Forschung auch häufig der Traum von der Ko-Evolution von Mensch und Maschine. So ist die transhumanistische Vision des Download des menschlichen Bewusstseins in robuste Soft- und Hardware sehr beliebt. In diesen Visionen wird das Bewusstsein zur entscheidenden Qualität des Mensch-Seins, das sich wiederum auf die Informationsstrukturen im Gehirn reduzieren – und als Struktur auf Siliziumbasis fortsetzen lässt, unabhängig vom materialen Substrat. (Vgl. Krempl 2000; kritisch hierzu Becker 2000)

Kohlenstoffbasiertes Leben erscheint vor dem Hintergrund transhumanistischer Phantasien als höchst gefährdet. Es gilt als „Fenster der Verwundbarkeit" – wie Haraway dieses Phänomen benannt hat. Und anstatt es offen zu halten und neue Formen der Körperpolitik zu finden, werden alte Muster reproduziert. Mit Blick auf den Immundiskurs und die Sehnsucht nach perfekter Immunität spricht Haraway von der schauderhaften, androzentrischen Phantasie der „Vollendung eines völlig verteidigten, ‚siegreichen' Selbst" (Haraway 1995: 190).

Im Artificial Life-Diskurs erscheint dies als Sehnsucht nach dem perfekten, unsterblichen Gehirn, das vor jeglicher Gefahr geschützt – gepanzert in seiner robusten und erneuerbaren Siliziumrüstung – endlos Information prozessieren kann.

Dieser Glaube an die Robustheit künstlicher Artefakte verwundert mich. Vermutlich basiert er auf einem ausgeprägten Glauben an den rapiden Fortschritt von Wissenschaft und Technik. Wie sonst könnte man unsere tagtäglichen massiven Kommunikationsschwierigkeiten, wenn nicht gar Kämpfe mit diesen neuen postmodernen Maschinen namens Computer übersehen – Maschinen, die doch bei aller Flexibilität im Vergleich zu den früheren Maschinen doch weiterhin ausgesprochen störanfällig und mit recht minimaler Intelligenz ausgerüstet sind. Doch vielleicht verleitet nach wie vor die alte Angst vor körperlichen Gebrechen, Autonomieverlust und Tod dazu, diese Maschinen als robuster als die biologischen Systeme zu imaginieren.

Künstliche Intelligenz, Artificial Life und Robotik in den 1990ern: ‚Materie von Gewicht'

Doch gegenläufig zu diesen alten, häufigen Ängsten in der Geschichte von Natur- und Technowissenschaften mit ihrer Stabilisierung altvertrauter geschlechtscodierter Dualismen lässt sich in neuerer AL- und Robotik auch und vor allem in den Neunzigern ein anderer Trend entdecken, der mich fragen ließ, ob hier weiterhin ‚Leben' mit dekontextualisierter Information parallelisiert wird, ob Information als jenseits von Materialität und Bedeutung interpretiert wird und von Materialität per se abstrahiert wird.

Der Grund dafür ist eine Verschiebung in neuerer Robotik hin zu Diskussionen über ‚Embodiment', Situiertheit und den Stellenwert materialer Grundlagen. Neue Ansätze unter dem Namen ‚situated robotics', ‚embodied robotics' oder auch Verteilte Künstliche Intelligenz betonen Gewicht und Bedeutung der Materie bei der Konstruktion von Artefakten: ‚Matter matters'.

Immer mehr Forscherinnen in diesem Feld betonen die Bedeutung der Konstruktion von *verkörperten* Agenten und Artefakten und halten die Simulation allein im Computer für unzureichend, um wirklich flexible und intelligente Artefakte hervorbringen zu können. Agenten und Artefakte sollen dieser neuen Logik zufolge mit ihrer ‚realen' Umwelt interagieren, um intelligent zu werden. Chris Adami und Titus Brown, Mitglieder des Artificial Life-Lab am California Institute of Technology in Los Angeles beschreiben die Verlagerung der Schwerpunkte in der Forschung folgendermaßen:

„Artificial Life zielt nicht nur auf die Konstruktion und Simulation lebendiger Systeme – egal ob nun künstliche oder lebendige; eine beeindruckende Anstrengung im Bereich der Technik in Richtung auf die Konstruktion adaptiver autonomer Roboter. Diese Arbeit unterscheidet sich vom klassischen Ansatz der Robotik insofern, als der Robotik-Agent mit seiner Umwelt interagiert und davon lernt, was wiederum zu emergentem Verhalten des Robot führt." (Adami/Brown 2000: 1; Übers. J.W.)[16]

Adami und Brown betonen die Relevanz des *verkörperten* emergenten Verhaltens des Roboters im Gegensatz zu traditionellen Ansätzen in A-Life und älterer Robotik, die sich primär auf die Simulation von Lebensprozessen innerhalb des Computers konzentrierten. Und gleichzeitig betonen sie die wesentliche Rolle der Technik bzw. des Engineering.

16 „[...] Artificial Life is not only about the construction and simulation of living systems, whether artificial or natural; an impressive engineering effort is geared towards the construction of adaptive autonomous robots. This work differs from the classical robotics approach, in that the robotic agent interacts with its environment and learns from this interaction, leading to emergent robotic behavior." (Adami/Brown 2000)

Die besondere Aufmerksamkeit für die Feinheiten technischer Umsetzung findet man etwa auch in einer Forschungsinitiative mit dem Namen ‚Neuroinformatics for Living Artefacts' im Rahmen des EU-Forschungsprogramms ‚Future and Emerging Technologies'. In dieser Initiative werden Forschungsprojekte zur Förderung gesucht, die Artefakte entwickeln wollen, die leben und wachsen, d.h. die sich selbst anpassen und entwickeln über – wie es heißt – die vorgegebene Programmierung hinaus. Anpassungsfähigkeit, Entwicklungsvermögen und (selbständiges) Verhalten in einer realen Umgebung sind die zentralen Themen (vgl. Cordis 2000a).

Simulationen wie die Boids von Craig Reynolds wären hier absolut irrelevant, aber etwa auch traditionelle Ansätze der Robotik, die mit dem alten kognitivistischen Paradigma arbeiten. Um die radikale Verschiebung im Forschungsparadigma verstehen zu können, ist es wichtig, sich einige der fundamentalen Annahmen der traditionellen Künstlichen Intelligenz-Forschung zu vergegenwärtigen.

Das traditionelle kognitivistische Paradigma der Künstlichen Intelligenz-Forschung verstand Kognition – und das heißt in diesem Kontext primär mentale Prozesse – als Rechenleistung. Intelligenz bzw. Kognition können dieser Logik zufolge auf der Ebene der Algorithmen bzw. als Rechenprozesse untersucht werden, ohne Notwendigkeit, sich mit der darunter liegenden Struktur – also der materialen Grundlage – zu beschäftigen. In gewisser Weise wird ganz bewusst von der physischen Ebene abstrahiert. (Vgl. hierzu kritisch Pfeifer/Scheier 1999: 43; Ziemke 2001) In der traditionellen Robotik wurde die entscheidende Eigenschaft von Intelligenz also in der internen symbolischen Verarbeitung gesehen. Roboter wurden mehr oder weniger als klassische Computer gedacht und gebaut, die nur zusätzlich mit ein paar Sensoren und Kameras ausgestattet wurden, um mit der Welt interagieren zu können. Die so gewonnenen Daten sollten dann über die interne Symbolverarbeitung prozessiert – eben berechnet – werden. Darauf basierend wurde dann ein Plan für die Handlungen des Roboters entwickelt. Das funktionierte allerdings nur sehr langsam und in sehr kleinen, festgelegten Settings bzw. Umwelten, wie z.B. in Fabriken. In komplexeren Umwelten waren Roboter noch in den Neunzigern – nach Jahren und Jahrzehnten von Forschung – immer noch nicht in der Lage, viele der simpelsten Aufgaben auszuführen, wie etwa die Vermeidung von Hindernissen, Navigation oder koordinierte Bewegung.

Vor diesem Hintergrund wurde auch der Ruf nach einer ‚embodied interaction' – also verkörperten Interaktion – mit der Umwelt laut und der zentrale Stellenwert einer ausschließlich internen Wissensrepräsentation wurde zunehmend in Frage gestellt. Rodney Brooks, der Leiter des MIT Artificial Intelligence Lab in Boston, forderte nun, autonome Systeme zu entwickeln, die in den unterschiedlichsten Umwelten interagie-

ren und Aufgaben erledigen können, für die sie nicht explizit programmiert worden waren. (Vgl. Brooks 1991; Pfeifer 2001; Keller 2002) Sein Slogan für diese zukünftigen Roboter lautete: ‚fast, cheap and out of control'. Dieser Slogan deutet schon auf den Stellenwert der Idee der Emergenz, die auch in diesem – von der Artificial Life-Forschung inspirierten, neuen Ansatz – ein wichtiges Konzept wurde.

Aufgrund der Infragestellung der abstrakten Wissensrepräsentation im Sinne von Rechenprozessen und der Betonung auf Verkörperung gewann auch die Technik, das Rumbasteln und das so genannte ‚Tinkering' einen ganz anderen Stellenwert in der Robotik. Zentraler Ansatz war nun das Bauen von und Experimentieren mit künstlichen Systemen als Grundlage für ihr Verständnis. Dieser neue AI-Ansatz baute gewissermaßen auf die Methode des Tinkering, die wiederum von der synthetischen Methode der Artificial Life-Forschung inspiriert ist. Nun ging es auch in der Robotik darum, verschiedenste, kleine Bestandteile zu kombinieren, die sich dann – in und über Softwareprogramme – aufgrund emergenter Prozesse ausdifferenzieren sollen, um die Konstruktion von Robotern mit komplexerem Verhalten zu ermöglichen.

Zugleich wurde in diesem neuen Ansatz der AI Aufmerksamkeit für die biologischen Prozesse gefordert, die intelligentem Verhalten zugrunde liegen (Pfeifer 2001: 294f.). Zunehmend fand auch hier eine Annäherung an die Biologie statt, die den Forschern ein besseres Verständnis lebendiger Systeme und die Entwicklung neuer, erfolgversprechender Ideen für künstliche Systeme verhieß.

Am interessantesten in diesem neuen hybriden Feld der diversen Technowissenschaften zwischen Artificial Life, Robotik und neuer KI ist die Orientierung in Richtung auf Verkörperung und Situiertheit der Agenten in der ‚realen' Welt und das Wissen darum, dass diese Agenten eine Morphogenese und Neurogenese mitmachen müssen.

Embodiment und Situiertheit in der Cyberscience

In der neuen KI zielt die Forderung nach Verkörperung auf zwei Ebenen: auf die physikalische und die informationstheoretische. Die physikalische Dynamik eines Systems meint seine Kräfte, Energie, etc., aber auch „das Verhältnis von Sensorensignalen, Motorkontrolle und neuralem Substrat. Der Fokus liegt also nun weniger auf dem neuralen Substrat allein, sondern auf dem ganzen Organismus, einschließlich seiner Morphogenese, [...] seiner Materialien" (Pfeifer 2001: 297).

Das erscheint erst mal ein großer Schritt in Richtung auf die Überwindung des Dualismus von Materie und Form, Körper und Geist, wie er sich in der frühen Software-zentrierten Artificial Life-Forschung und

der traditionellen KI-Forschung findet. Material bzw. materiale Beschaffenheit des Systems wird nun in vielen neuen Ansätzen als ein relevanter und wichtiger Faktor anerkannt. Das erklärt sich vor allem aus der Einsicht, dass die intrinsischen Eigenschaften des Materials nicht nur hinsichtlich natürlicher Eigenschaften ausgenutzt werden können, sondern vor allem auch bezüglich jener der Energie-Effizienz, der Vereinfachung von Kontrollmechanismen, usw. So argumentiert Rolf Pfeifer, der Leiter des AI Labors in Zürich, ganz offensiv mit den intrinsischen Kontrolleigenschaften des Materials:

„[W]enn das Gesichtsgewebe eines Roboters die richtige Art von Materialeigenschaften hat in Hinblick auf Elastizität, Verformbarkeit, Steifheit, etc., dann wird auch die neuronale Kontrolle für die Gesichtseigenschaften (=ausdrücke) einfacher." (Pfeifer 2001: 302; Übers. J.W.)

Offensichtlich werden hier immanente Eigenschaften des Materials als wichtige Faktoren für das Bauen von intelligenten künstlichen Systemen erkannt. Die Forscher wollen diese ausnutzen, um komplexere und effizientere Systeme zu bauen.

Was heute als intuitiv einsichtig erscheint, wird erstaunlicherweise erst allmählich realisiert: nämlich dass Intelligenz nicht auf Symbolverarbeitung bzw. Rechnen reduziert werden kann und dass die Abstraktion von körperintrinsischen Eigenschaften kein überzeugendes Konzept ist, will man lebende Systemen nachbauen bzw. konstruieren. Man fragt sich, wie es jemals dazu kam, dass die traditionelle KI und Robotik Symbolverarbeitung und Prozessieren von Information als die allein entscheidenden Eigenschaften für intelligentes Verhalten annehmen konnte. Vor allem dann, wenn Information rein quantitativ jenseits jeglicher Bedeutung (Semantik) und ihrem jeweiligen Anwendungskontext (Pragmatik) verstanden wird. Die bis heute in der Informatik entscheidende Definition von Information von Claude Shannon und Warren Weaver erlaubt aufgrund dieser Ausblendung von Semantik und Pragmatik eine strikte Verallgemeinerung des Informationsbegriffs und die Abstraktion von Kontextualität und Materialität.[17] Doch diese Abstraktion und Ver-

17 Der Grund für die Abstraktion von materialen Grundlagen wird auch deutlich mit Blick auf den klassischen Informationsbegriff in traditioneller KI und Artificial Life-Forschung. In der Cyberscience hat sich das quantitative Konzept der Information durchgesetzt. Shannon und Weaver definieren Information als eine Wahrscheinlichkeitsfunktion und reduzieren sie auf Signale und Muster. Nur das ermöglicht eine Quantifizierung von Information. Bedeutung von Information – die nicht quantifizierbar ist – wird in diesem Ansatz ausgeblendet. Um die Universalität von Information und die Möglichkeit ihrer Übertragung zu sichern, wird Information von ihrer materialen Basis abgespalten. Dadurch wurde Information frei verfügbar und blieb unberührt vom jeweiligen Kontext. „Die technische Hebelkraft, die dieses Konzept dadurch erhielt, war beeindruckend, denn durch die Formalisierung von Information in eine mathematische Funktion, wurde Shannon in die Lage versetzt, allgemeine Theoreme zu entwickeln, die sich

allgemeinerung macht die Anwendung des Informationsbegriffs auf biologische Systeme fraglich.

Aber vermutlich gibt es eine einfache Antwort auf die Frage, wie sich ein derartiger Reduktionismus durchsetzen konnte. Neben den bekannten Sehnsüchten nach Transzendenz, Autonomie und der Überwindung von Gebrechlichkeit spielt hier sicherlich auch ein ganz pragmatischer Grund eine große Rolle: Die Abstraktion von der materialen Beschaffenheit der Artefakte, von ihrer semantischen Dimension und ihrer kontextuellen Einbettung war (und ist?) wesentlich, will man Prozesse des Lebendigen formalisieren. Vermutlich wäre es aufgrund der immanenten Komplexität nicht möglich bzw. zu kompliziert gewesen, Fragen der materialen Beschaffenheit und der Verkörperung in die Forschung mit einzubeziehen. Kontextualität, Materialität und damit auch Historizität schienen in ihrer Komplexität und Widersprüchlichkeit weder theoretisch noch technisch umsetzbar bzw. ausnutzbar.

Und auf der anderen Seite wäre es vermutlich auch nicht sehr überzeugend gewesen, die Konstruktion künstlicher Systeme auf Silizium-Basis in Angriff zu nehmen – und zwar nach dem Vorbild natürlicher Systeme –, wenn man von der Dignität der materialen Grundlage der natürlichen Systeme ausgeht. Wenn die Materialität der Systeme eine gewisse Eigenlogik, ein eigenes Momentum besitzt, lassen sich schlecht Prinzipien des Lebendigen, die man aus natürlichen Systemen gewonnen hat, stante pede auf künstliche Systeme übertragen.

Die entscheidende Frage lautet nun aber: Warum werden in den letzten Jahren Materialität, Situiertheit und damit Kontextualität und Verkörperung zu zentralen Themen in diesen jungen Technowissenschaften?

Zum einen liegt das Interesse sicherlich an den vielen Misserfolgen in der KI in den letzten Jahrzehnten, am Scheitern an relativ einfachen Aufgaben (wie z.B. Treppensteigen, Navigation etc.) in KI, Artificial Life und Robotik, die eine Öffnung für das Problem der Situiertheit und Materialität zumindest beförderten.

---

als wahr unabhängig von dem Medium erwiesen, in dem sich die Information jeweils ‚realisierte'" (Hayles 1999: 19; Übers. J.W.). Die von Shannon und Weaver formulierte Definition von Information gilt bis heute in der Informatik, aber auch in der Artificial Life- und KI-Forschung. Interessanterweise wird dies Konzept allmählich von Forschern aus diesen neuen, transdisziplinären Technowissenschaften in Frage gestellt – z.B. von jenen, die an der schon erwähnten Initiative ‚Neuroinformatics for Living Artefacts' beteiligt sind. In einem Bericht heißt es: „Wir sind immer noch weit entfernt von umsetzbaren und nützlichen Definitionen von semantischer und pragmatischer Information. Um genauer zu sein: die klassische Definition von Shannon und Weaver ist auf Annahmen gegründet, die sich nicht in entwickelnden und dynamischen biologischen Systemen finden. [...] Um unser Verständnis von Informationsprozessen in biologischer Materie vorantreiben zu können, müssen wir die derzeitige Definition von Information revidieren." (Cordis 2000b: 4f; Herv. und Übers. J.W.)

Zum anderen scheint mir das gegenwärtige Interesse für die materialen Grundlagen der technowissenschaftlichen Artefakte auch in aktuellen technowissenschaftlichen Entwicklungen begründet zu sein, die über die alte Zentrierung auf Silizium in der Cyberscience hinausweisen.

Neue Materialien

Die aktuelle, post-traditionelle Forschung bezüglich möglicher Verbindungen von biologischem Material bzw. Körpergewebe und Hardware des Computers (Siliziumchips, etc.), im Bereich der so genannten smarten Materialien und im Bereich der evolvierenden und selbstreproduzierenden Computer und Roboter ist eine Entwicklung, die die wachsende Aufmerksamkeit für die materialen Grundlagen der technowissenschaftlichen Artefakte unterstützt und vermutlich zugleich aus ihr resultiert. Die Palette der Materialien für die Technofakte scheint sich in den letzten Jahren zunehmend zu verbreitern. Mit der größeren Spielbreite und den erweiterten Möglichkeiten der Materialien für künstliche Systeme verändert sich aber auch der Stellenwert von Materialität in der neueren KI- und AL-Forschung und wird als zentraler Faktor für lebendige Systeme anerkannt.

Neue schnelle Rechner

In den Bereichen des Molecular bzw. DNA Computing, genauso wie in Quantencomputing und Nanotechnologie werden derzeit durchgängig Versprechungen gemacht, demnächst unglaublich schnelle und leistungsstarke Rechner zu entwickeln. In einem Bericht der National Science Foundation mit dem Titel *Beyond Silicon Computing* wird über die bahnbrechenden Dimensionen von Nanotechnologie, Molecular, DNA und Quantencomputing spekuliert. Es ist bemerkenswert, dass die USA im Jahre 2002 insgesamt 30 Millionen Dollar Forschungsgelder nur für diesen Bereich zur Verfügung gestellt haben. Im Jahre 1995 war es nur eine einzige Million.[18] Laura Landweber, eine der führenden Wissenschaftlerinnen im Forschungsbereich Molecular Computing preist das Potential dieser neuen Richtung als eine Möglichkeit des höchst schnellen und parallelen Rechnens an:

„[…] DNA Computer werden womöglich nur ein Milliardstel der Energie von elektronischen Computern brauchen und dabei nur drei Billionstel soviel Platz brauchen. Des Weiteren ist Rechnen mit DNA höchst parallel: Im Prinzip können Milliarden bis Billionen von DNA oder RNA Molekülen gleichzeitig chemische Reaktionen eingehen und d.h., dabei Berechnungen vollziehen." (Landweber 2000: 2; Übers. J.W.)

18 Vgl.: http://www.nsf.gov/od/lpa/congress/106/hs_beyondsilicon.htm (gesehen am: 3.5.2002)

Es ist fragwürdig, was von diesen Versprechungen zu halten ist, nichtsdestotrotz erinnern sie mich an die Debatten um das Phänomen der Emergenz und die Entwicklung des Parallelrechners. Während in der Kybernetik und im frühen kognitivistischen Paradigma z.B. Rechenprozesse primär als linear gedacht und auch so von den Computern abgearbeitet wurden, entstand in den 1970er Jahren ein zunehmendes Interesse für dynamische, nonlineare Systeme und für das Phänomen der Emergenz: Gleichzeitig dazu entstanden die Parallelrechner. Mit Hilfe dieser Parallelrechner ließen sich dann ja auch so genannter Lebensprozesse bei weitem besser simulieren und visualisieren.[19]

So scheint die vermehrte Aufmerksamkeit für Verkörperung und Materialität in neuerer Cyberscience einem altbekannten Muster in der Geschichte von Wissenschaft und Technologie zu folgen: In der Hoffnung auf neue technische Möglichkeiten, auf neue Computer, die wesentlich schneller und intensiviert parallel arbeiten sollen, wird es auch denkbar, neue Entitäten und Faktoren in die Forschung einzubeziehen. Man gewinnt den Eindruck, dass ein neuer Abschnitt in der Instrumentalisierung und Nachkonstruktion des Lebendigen eingeläutet wird bzw. werden soll.

Interessant ist an dieser Stelle, dass Materialität und Verkörperung nicht nur in der neueren KI einen wichtigen Stellenwert erhalten haben. Sie waren und sind es in der Technikkritik und vor allem auch in der Tradition feministischer Theorie. Was aber bedeutet diese – wenn vielleicht nicht unbedingt Koinzidenz, aber doch zumindest – Parallelität?

Natürlich kann man dieses Phänomen mit dem Verweis auf die Seite schieben, dass hier mit extrem reduktionistischen Konzepten von Embodiment und Situiertheit gearbeitet wird – im Gegensatz zu denen der feministischen Theorie. Und das ist sicherlich zum Teil auch richtig. Schließlich ist Technowissenschaft darauf angewiesen, mit Annahmen zu arbeiten, die sich formalisieren und generalisieren lassen – und zwar hier auch in algorithmischer Form. Wirft man z.B. einen Blick auf die Arbeit der anerkannten Artificial Life-Forscherinnen Kerstin Dautenhahn und Tom Quick, wird schnell deutlich, dass ‚Embodiment' in diesem Kontext etwas anderes bedeutet als etwa in den Arbeiten von Rosi Braidotti oder Donna Haraway. So suchen Tom Quick und Kerstin Dautenhahn nach Parametern, um ‚Embodiment' messbar zu machen. In ihrem Ansatz wird Embodiment generell definiert als „dasjenige, das eine Basis bereitstellt für die strukturelle Koppelung von System und Umwelt im Sinne eines Potentials für die gegenseitige Beunruhigung/

19 Vgl. hierzu u.a. Levy 1996 bzgl. der Umsetzung von Conways' Game of Life im Computer.

Beeinflussung" (Quick/Dautenhahn 1999: 2; Übers. J.W.).[20] Spätestens seitdem Organismen als offene Systeme gedacht werden, ist die Frage nach dem Verhältnis von Organismus und Umwelt zentral. Und auch Dautenhahn und Quick räumen ein, dass dementsprechend ihre Definition von Embodiment etwas minimalistisch bzw. sehr allgemein ausgefallen ist, aber sie wollten ganz bewusst höhere Ebenen theoretischer Überlegungen ausblenden. Der Grund dafür wird am Ende ihres Aufsatzes mehr als deutlich. Sie schreiben: „Erstens, Embodiment wird messbar gemacht, da das Verhältnis ein quantifizierbares ist [oder sein soll; J.W.]. [...] Zweitens, die Idee des Embodiment wird so befreit von materialen Beschränkungen" (ebd.: 5f).

In gewisser Weise scheint hier also der etwas absurd anmutende Versuch vorzuliegen, mit der Idee von Verkörperung als strukturelle Koppelung von Umwelt und System zu arbeiten, aber dabei die Frage der Materialität auszublenden. Gleichzeitig finden sich aber auch die Ansätze von Rolf Pfeifer und Rodney Brooks, die Materialität als zentralen Baustein für die Konstruktion lebendiger Artefakte betrachten und morphogenetische und neurogenetische Prozesse in diese implementieren wollen.

Vielleicht ist in vielen neueren Ansätzen der KI und AL auch die Tendenz zur Abstraktion von Materialität – und damit verbunden von Kontextualität und Partikularität – geringer, insofern die Aussicht auf immer schnellere und leistungsstärkere Computer die Verarbeitung von immer mehr und ausdifferenzierteren Datenmengen versprechen. Und zudem schürt vielleicht auch die Entwicklung von hybriden Bausteinen aus organismischem und nicht-organismischem Material Hoffnungen, neue Möglichkeiten zu finden, um Materialität bei der Konstruktion von Artefakten einzubeziehen und für die Optimierung zu nutzen.

Andererseits bleibt Formalisierung und Reduktion ein notwendiger Baustein wissenschaftlichen Vorgehens, aus dem unvermeidlich Limitierungen erwachsen: So wird z.B. auch im Feld des DNA/Molecular Computing weiterhin die *Notwendigkeit einfacher Regeln* betont. Ähnlich wie die Artificial Life-Forschung gründet also auch DNA Computing seine Vorgehensweise auf eine einfache Analogie zwischen zwei Prozessen – einem biologischen und einem mathematischen. So gewinnt es:

„[...] a) die komplexe Struktur eines lebenden Organismus letztendlich über die Anwendung von einem Set von einfachen instruierenden Operationen (wie z.B. Kopieren, Markieren, Verbinden, Einfügen, Löschen, etc.) auf die Information in der DNA Sequenz, und es wird b) jegliche Berechnung, wie auch

20 „[T]hat which establishes a basis for structural coupling by creating the potential for mutual pertubation between system and environment" (Quick/Dautenhahn 2002: 2).

immer komplex, als Resultat einer Kombination von sehr einfachen basalen arithmetischen und logischen Operationen verstanden." (Landweber 2000: 2.; Übers. J.W.)

Auch wenn Materie von Belang ist, werden unsere Körper noch immer als Maschinen bzw. Computer betrachtet, die auf der Basis einiger weniger, einfacher Regeln – wenn auch parallel – arbeiten. Ohne diese Regeln könnte Materie auch nicht in diesen Technowissenschaften von Belang sein, da sie dann nicht berechenbar und instrumentalisierbar wäre in all ihrer Vielschichtigkeit und Kontingenz. Nichtsdestotrotz sind offensichtlich die Grenzen hin zu dem, was für die Technowissenschaften beschreibbar, formalisierbar und instrumentalisierbar ist, in permanenter Bewegung.

Einerseits werden krude Verallgemeinerungen und die Abstraktion vom Kontext fortgesetzt, andererseits wird in der Forschung deutlich, dass die rigide Trennung von Materie und Form, von physischer Grundlage und informationsverarbeitenden Prozessen nicht hilfreich ist für die Konstruktion intelligenter Artefakte. Die Abstraktion von Kontextualität, Materialität und Besonderheit der jeweiligen Situation und Einbettung scheint nicht mehr das eindeutige Paradigma in der Cyberscience zu sein – nicht zuletzt, weil gewisse Abstraktionen aufgrund der technischen Entwicklung vielleicht auch nicht mehr nötig sind.

Embodiment in Feminismus und Robotik[21]

Angesichts dieser Ambivalenz und ‚neuen Unübersichtlichkeit' bezüglich Materialität und Kontextualität in neueren Technowissenschaften fragte ich mich, was denn nun die spezifische Differenz feministischer Konzepte zu denen der Robotik seien. Zuvor habe ich darauf hingewiesen, dass Donna Haraway (1995) den postmodernen Körper als multiples, verteiltes Netzwerk mit parallel verteilten, dynamischen Systemen skizziert, das in ständiger (Konstruktions-)Bewegung ist. Auf einer theoretischen Ebene formuliert sie ihr Konzept von Embodiment folgendermaßen:

„Feministische Verkörperung handelt also nicht von einer fixierten Lokalisierung in einem verdinglichten Körper, ob dieser nun weiblich oder etwas anderes ist, sondern von Knotenpunkten in Feldern, Wendepunkten von Ausrichtungen, und der Verantwortlichkeit für Differenz in materiell-semiotischen Bedeutungsfeldern." (Haraway 1995: 88f)

Dementsprechend versteht sie den Körper als komplex, widersprüchlich und zugleich als strukturierend und strukturiert. Hier wird also Verkörperung als ein dynamischer Prozess der permanenten Veränderung, der

21 Teile dieses Abschnittes sind erschienen in Weber 2003a.

Unsicherheit und Verschiebung verstanden. Wobei auch Spontaneität und Verschiebung offensichtlich wesentliche Faktoren sind – ganz wie in der auf Emergenz fokussierten Artificial Life- und neueren Robotikforschung.

Allerdings beharrt Haraway darauf, dass es kritische Praxis auszeichnet, dass sie – wie schon erwähnt – auf Verwundbarkeit besteht im Widerstand gegen eine „Politik der Abgeschlossenheit, der Endgültigkeit oder [...] der ‚Vereinfachung in letzter Instanz'" (ebd.: 90). Auch der Verweis auf die Widersprüchlichkeit der Körper ist sicherlich wichtig. Dennoch stellt sich die Frage, inwieweit sich diese Politik der Verweigerung fixierter Identität und Offenheit von einer – an neoliberale Ideale erinnernde – Konzeption von Körpern als flexibel, spontan und dynamisch unterscheidet. Wo sind die Grenzen zu ziehen zu den aktuellen technowissenschaftlichen Praktiken des Shapeshifting, der Produktion von Differenzen durch Mutation und Verschiebung?

Das Körperkonzept der Robotik im Sinne eines offenen, fluiden und permanent sich verändernden und veränderbaren Systems erinnert an die Beschreibung des Körpers bei Haraway, in der er zu einem Feld geworden ist, ein ‚Knotenpunkt in Feldern', ein ‚Wendepunkt von Ausrichtungen', der sich permanent ausdifferenziert.

Und es finden sich weitere Anschlüsse: Haraway kritisiert die alte hierarchische Struktur von Forschenden und ihrem Forschungsobjekt und entwickelt die Vision von der Auflösung des klassischen, distanzierten und hierarchischen Subjekt-Objekt-Verhältnisses und von Wissensobjekten als aktiven Entitäten. Obwohl die Kritik am hierarchisch strukturierten Verhältnis vom aktiven Wissensproduzenten und (angeblich) passiven Wissensobjekt nur allzu berechtigt erscheint, erinnert die Kritik doch wiederum an die Träume der Robotiker. Oder wie weit sind die anvisionierten, autonomen, lernfähigen und selbständigen Agenten von Haraways Wissensobjekten entfernt, die ihr zufolge als Agenten und Akteure zu denken seien und nicht als Leinwand oder Ressource? (vgl. Haraway 1995: 93) Autonom agierende und sich selbst weiterentwickelnde Roboter untergraben perfekt die Idee von der Autonomie des vormals selbstherrlichen Forschers: Der alte Dualismus von Subjekt und Objekt würde sich in diesem Falle auflösen.

Aber was würde es nun in kritischen Modellen heißen, das Fenster der Verwundbarkeit offen zu halten, von dem Haraway spricht? Vielleicht weist dieses Plädoyer Haraways in die richtige Richtung:

> „Vor allem beansprucht rationales Wissen nicht, frei von Engagement zu sein, etwa von überall und folglich von nirgendwo her zu kommen, frei von Interpretation zu sein und davon, repräsentiert zu werden, vollkommen distanziert oder vollständig formalisierbar zu sein." (Haraway 1995: 90)

Nichtsdestotrotz werden aktuell Körper in den Technowissenschaften, aber auch in Ansätzen feministischer Theorie, die sich mit den neuen

Technologien auseinandersetzen, weiterhin oder sogar noch radikaler als flexibilisiert und fragmentarisiert verstanden. Zusammengebaut aus den unterschiedlichsten Bausteinen und unter Zuhilfenahme neuer Konzepte, Methoden und Bausteine scheinen sich unsere Körper genauso wie die künstlichen Systeme neu zu rekonfigurieren. Vermittels emergenter Prozesse bringen sie Neues und Unvorhergesehenes hervor – zumindest, wenn die aktuellen Versprechungen in diesen jungen Technowissenschaften wahr werden, aber auch neuere Ansätze feministischer Identitätspolitik.

Literatur:

Adami, Chris / Brown, Titus (2000): What is Artificial Life? www.alife7.alife.org/whatis.shtml, 1 (gesehen am 2.5.2002)

Bammé, Arno / Feuerstein, Günter / Genth, Renate / Holling, Eggert / Kahle, Renate / Kempin, Peter (1983): Maschinen-Menschen, Mensch-Maschinen. Grundrisse einer sozialen Beziehung, Reinbek.

Bauer, Yvonne (2003): Sexualität – Körper – Geschlecht im Kontext von Befreiungsdiskursen und Neuen Technologien, Opladen.

Becker, Barbara (2000): Cyborgs, Robots und Transhumanisten. Anmerkungen über die Widerständigkeit eigener und fremder Materialität. In: Becker, Barbara; Schneider, Irmela (Hg.), Was vom Körper übrig bleibt. Körperlichkeit – Identität – Medien, Frankfurt a.M./New York.

Boden, Margaret A.(1996): Introduction. In: dies. (Hg.), The Philosophy of Artificial Life, Oxford University Press, S. 1-35.

Brooks, Rodney (1991): New Approaches to Robotics, Science 253, S. 1227-1032.

Cordis (Community Research & Development Information Service) (2000a): Information Society Technologies. Future & Emerging Technologies – Proactive Initiative 2000: Neuroinformatics for „living" artefacts (NI). Position Paper; www.cordis.lu/ist/fetni-4.htm, 1 (gesehen: 11/2000)

Cordis (Community Research & Development Information Service) (2000b): Information Society Technologies. Future & Emerging Technologies – Proactive Initiative 2000: Neuroinformatics for „living" artefacts (NI). Strategic Planning Workshop. Future Research Domains at the Frontiers of Science and Technology, Brussels, 26./27. April 2001, Report on Discussions held in Panel 1: Physical Sciences.

Dautenhahn, Kerstin (1995): Artificial Life = Künstliches Leben? In: KI 2/1995, S. 34.

Haraway, Donna (1995): Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen, hrsg. von Carmen Hammer und Immanuel Stieß, Frankfurt a.M./New York.

Hayles, N. Katherine (1999): How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics, Chicago.

Hayles, N. Katherine (2003): Computing the Human. In: Weber, Jutta; Bath, Corinna (Hg.), Turbulente Körper, soziale Maschinen. Feministische Studien zur Technowissenschaftskultur, Opladen.

Heintz, Bettina (1993): Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers, Frankfurt a.M./New York.

Kay, Lily E. (1998): Biopower: Rise of the Textual Genome and Informational Body. Paper presented at the symposium ‚Nature and Culture', Deutsches Hygiene-Museum, Dresden.

Keller, Evelyn Fox (1992): Secrets of Life – Secrets of Death. Essays on Language, Gender and Science, New York/London.

Keller, Evelyn Fox (1995): Refiguring Life. Metaphors of Twentieth-Century Biology, New York/Chichester, West Sussex.

Keller, Evelyn Fox (2002): Making Sense of Life. Explaining Biological Development with Models, Metaphors and Machines. Cambridge, Mass./London.

Klinger, Cornelia (1995): Beredtes Schweigen und verschwiegenes Sprechen: Genus im Diskurs der Philosophie. In: Bußmann; Hadumod; Hof, Renate (Hg.), Genus. Zur Geschlechterdifferenz in den Kulturwissenschaften, Stuttgart, S. 409- 445.

Krempl, Stefan (2000): Maschinen-Menschen, Mensch-Maschinen. Das Verhältnis von Homo Sapiens und Computer am Wendepunkt. In: c´t. Magazin für Computertechnik, Heft 9, S. 218-223.

Landweber, Laura (2000): Beyond Silicon Computing: DNA Computers. Testimony to the U.S. House of Representatives Committee on Science, Subcomittee on Basic Research, September 12, 2000; www.gov/science/landweber_091200.htm (gesehen am 15.1.2004)

Langton, Christopher G.: (1996/1989): Artificial Life. In: Boden, Margaret (Hg.), The Philosophy of Artificial Life, Oxford University Press, S. 39-94. (Orig. from Chris Langton (Hg.), Artificial Life. SFI Studies in the Sciences of Complexity, Proc. Vol. VI. Redwood City/CA 1989)

Levy, Steven (1996): Künstliches Leben aus dem Computer, München.

Mayr, Ernst (1998): This is Biology: The Science of the Living World, Cambridge, Mass.

Osietzki, Maria (1998): Dampfmaschinen – Körpermaschinen. Vom Wandel der Physiologie und des Körpers unter dem Einfluß von Industrialisierung und Thermodynamik. In: Sarasin, Philipp; Tanner, Jakob (Hg.), Physiologie und industrielle Gesellschaft. Studien zur Verwissenschaftlichung des Körpers im 19. und 20. Jahrhundert, Frankfurt a.M., S. 313-346.

Parisi, Luciana / Terranova, Tiziana (2000): Heat-Death. Emergence and Control in Genetic Engineering and Artificial Life; www.com/article/a84.htm (gesehen am 1.6.2000)

Pfeifer, Rolf / Scheier, Christian (1999): Understanding Intelligence, Cambridge, Mass.

Pfeifer, Rolf (2001): Embodied Artificial Intelligence. 10 Years Back, 10 Years Forward. In: R. Wilhelm (Hg.), Informatics. Lecture Notes in Computer Science, Berlin/Heidelberg, S. 294-310.

Quick, Thomas / Dautenhahn, Kerstin (1999): Making embodiment measurable. In: 4. Fachtagung der Gesellschaft für Kognitionswissenschaft; Workshop ‚Embodied Mind/Alife', 28. Sept.-1. Okt. 1999; www.cs.ucl.ac.uk/staff/t.quick/kogwis/webtext.html, 1-7 (gesehen am 7.2.2005)

Saupe, Angelika (2002): Verlebendigung der Technik. Perspektiven im feministischen Technikdiskurs, Bielefeld.

Turkle, Sherry (1996): Life on the Screen. Identity in the Age of the Internet, London.

Weber, Jutta (2003): Umkämpfte Bedeutungen: Naturkonzepte im Zeitalter der Technoscience. Frankfurt a.M./New York.

Weber, Jutta (2003a): Turbulente Körper, emergente Maschinen? Zu Körperkonzepten in Robotik und neuerer Technikkritik. In: Weber, Jutta; Bath, Corinna (Hg.), Turbulente Körper, soziale Maschinen. Feministische Studien zur Technowissenschaftskultur, Opladen, S. 119-136.

Weizenbaum, Joseph (1994): Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft, Frankfurt a.M. (im Orig. 1976).

Wiener, Norbert (1954): The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society. Garden City, New Jersey.

Wiener, Norbert (1961): Cybernetics, 2. Auflage, Cambridge.

Wiener, Norbert (1964): God, Golem, Inc. Cambridge, Mass.

Ziemke, Tom (2002): Disentangling Notions of Embodiment; www.cogsci.ed.ac.uk/~deco/invited/ziemke.pdf (gesehen 5/2002)