

Jutta Weber

# Artificial Life-Forschung und neuere Robotik

Erschienen in: *FIFF-Kommunikation - Bioinformatik*. 1/2003, 41-45

*Die Bio- und Informationswissenschaften teilen die Suche nach den organischen Grundlagen bzw. den „Algorithmen der lebenden Welt“ (Jacob 1972, 319) in logisch-mathematischen und informationstheoretischen Begrifflichkeiten. Artificial Life bzw. Künstliches Leben als Konglomerat von Bio- und Informationswissenschaften im Sinne von `Life Science` zielt auf die Konstruktion des Lebendigen – in der Wetware genauso wie in der Soft- und Hardware.*

*Im folgenden Beitrag werde ich kurz Intention, Entwicklung und Anwendungsgebiete der Artificial Life-Forschung vorstellen und die mit ihr gekoppelten neueren Robotik kritisch beleuchten.<sup>1</sup>*

Das Feld der Artificial Life-Forschung im engeren Sinne hat sich Ende der Achtziger Jahre / Anfang der Neunziger Jahre etabliert. Bis heute ist umstritten, was Artificial Life-Forschung (abgekürzt als AL oder Alife) denn genau ausmache. Im Rahmen unseres Forschungsprojektes zur Artificial Life-Forschung 'Mathematik des Lebens'<sup>2</sup> stellten wir fest, dass für manche ForscherInnen der Begriff wohl zu populärwissenschaftlich oder zu sehr nach Science Fiction klingt und sie sich insofern in dieser Begrifflichkeit nicht verorten lassen wollen. So schränken manche ForscherInnen ein, dass sie nur vereinzelt mit Ansätzen aus dem Gebiet arbeiten würden, wieder andere identifizieren sich und andere weitgehend mit diesem Feld: "[A]rtificial life - I should say - in the community has a very controversial position. A lot of people say: I do not want [to have to] do anything with artificial life. But for me they are doing [Artificial Life] because when they try to build the synthetic brain [etc.], you are doing some sort or form of artificial life ..." (aus einem Interview mit einem Alifer)

Die hier enger gefaßte Artificial Life-Forschung verstehe ich im Folgenden als eine, die darauf zielt, „Lebendiges jenseits des organischen Substrats zu konstruieren“ (Becker 2000, 41) und die Logik des Lebendigen auf mechanische Systeme, z.B. auf Siliziumbasis, zu übertragen. Christopher Langton, einer der Gründungsväter der Artificial Life-Forschung bezeichnet selbige als eine Wissenschaft, welche die „essentiellen Eigenschaften des Lebens - Eigenschaften die jedes lebende System *im Prinzip* teilen müsste“ (Langton 1996, 39; Hervorgebung im Orig.) - erkunden und in künstlichen Systemen zur Anwendung bringen will. Die renommierte AL-Forscherin und Robotikerin Kerstin Dautenhahn skizziert das Ziel von Alife als die „synthetische Schaffung alternativer Lebensformen“ (Dautenhahn 1995, 34).

Während Gentechnologie und Biowissenschaften also eher daran interessiert sind, neues Leben in Form von kohlenstoffbasierten Organismen und organischen Substanzen jenseits der `natürlichen` Evolution zu produzieren, geht es in den Forschungsbereichen Artificial Life und auch der neueren Robotik um „[d]ie Konstruktion von intelligenten Artefakten ... durch Simulation lebendiger Prozesse auf der Basis *nicht-organischer* Substrate. Dabei stehen vor allem Versuche im Vordergrund, entsprechende Systeme zu autonomem Verhalten in komplexen Umwelten zu befähigen“ (Becker

---

<sup>1</sup> Teile dieses Beitrags stützen sich auf Weber 2001

<sup>2</sup> Diese Interviews wurden von mir im Kontext des Forschungsprojektes 'Mathematik des Lebens. Geschlechtscodierung und Neukonstitution eines Lebensbegriffs durch die Artificial Life-Forschung' geführt, das in der Wissenschafts- und Technikgeschichte der TU Braunschweig bei Herrn Prof. Herbert Mehrrens angesiedelt ist und vom NFFG gefördert wird; vgl. Weber 2003.

2000, 44; Hervorhebung von mir). Allerdings zeigen sich vor allem in den letzten Jahren hier Tendenzen auch über die Koppelung von nicht-organischen und organischen Grundlagen nachzudenken (Cordis 2000).

## ***Was ist (künstliches) Leben? Information als Grundbegriff***

Die Artificial Life-Forschung, die letztlich auch auf die Konstruktion intelligenter Artefakte abzielt, möchte das alte kognitivistische Paradigma der Künstlichen Intelligenz-Forschung überschreiten. Denn dieses gilt - angesichts der unbefriedigenden Entwicklung der Robotik bis in die Neunziger Jahre hinein - zunehmend als unproduktiv (Brooks 1991; Brooks 2001; Pfeifer 2001). Sie wendet sich allgemeinen biologischen bzw. Lebensprinzipien zu - wie etwa Reproduktion, Umweltreaktion, Lernfähigkeit, Evolution u.a.m. - die sie für die Konstruktion intelligenter und vor allem auch flexibler und anpassungsfähiger Artefakte sich zu Nutze machen will.

Es gibt allerdings keine einheitliche Lebensdefinition in der AL-Forschung. Rolf Pfeifer und seine MitarbeiterInnen schreiben hierzu: "Life is a mystery to us. And simply a definition what life is or should be would not help much to unravel this mystery anyway." (Pfeifer / Kunz / Weber 2000, 2f.; vgl. hierzu auch Boden 1996). Allerdings lässt sich so viel sagen, dass Leben primär als ein allgemeines Prinzip verstanden wird, das sich in Selbstorganisation, genetischem Programm bzw. Informationsverarbeitungsprozessen manifestiert. Lebewesen werden verstanden als "physikalische Verkörperungen von Information tragenden Wesen ... Ein großer Teil dessen, was sie tun, basiert auf der Weiterleitung von Informationen,..." (Langton zit. nach Levy 1996, 135f)

*Informationsverarbeitung* wird also als das wesentliche Kontrollmoment in lebenden Systemen angenommen. Das Organisieren, Speichern, Modifizieren und Weiterleiten von Information wird als wesentliche Eigenschaften des Lebendigen verstanden – Eigenschaften, die interessanterweise auch Computer aufweisen. Die zentrale Rolle des Stoffwechsels für die Funktion des Lebendigen verschwindet vermutlich deshalb zunehmend aus den Lebensdefinitionen, da sie nicht mit (klassischen) Computern kompatibel ist. Gerade der Stoffwechsel als Kriterium für Leben stellt vermutlich ein unüberwindbares Problem für die Simulation oder gar Produktion von Künstlichem Leben dar, weil er mehr ist als der Austausch von Energie (Boden 1996).

Auf der Analogie von Computer und Organismus baut auch die Vision auf, die inhärente Logik eines Organismus von seiner physischen Grundlage zu abstrahieren, um sie dann in künstliche Systeme zu übertragen. Um dies plausibel zu machen, wird von der Trennung von Hardware und Software, Materialität und Information in Organismus und Computer ausgegangen. Hiermit perpetuiert sich zumindest in Teilen der Artificial Life-Forschung die alte Trennung von Materie und Form. Die Prozesse der (In)Formierung der Materie werden wieder mal als die entscheidenden betrachtet. Eine Argumentationsfigur, die spätestens seit Aristoteles Zeugungstheorie auftaucht und sich durch die ganze Kulturgeschichte des Abendlandes hindurchzieht. Und dieser Dualismus von Materie und Form war übrigens häufig mit der Konnotation des Männlichen (natürlich in Sachen Form bzw. Formierung...) und des Weiblichen verknüpft.

ALife-Ansätze und Methoden - wie z.B genetische Algorithmen - sind heute wichtige Bausteine im Bereich der Computerprogrammierung. Kommerzielle Anwendungen der Artificial Life-Forschung findet man in der Telekommunikation, in Computerkunst und Grafik, aber auch im Gesundheitswesen, in der Weltraumforschung, in der Militärtechnologie, in der Spielzeugindustrie und in vielen anderen Feldern.

Viele bekannte Computerspiele und -simulationen basieren auf Artificial Life-Anwendungen, wie etwa Tierra, Blind Watchmaker, SimLife oder an die Animation von Vogelschwärmen im Walt Disney und anderen Filmen.

Mit Bezug auf die Robotik denke man etwa an den Robot Soujourner - ein Produkt des California Institute of Technology und des Jet Propulsion Labs in Kalifornien -, welcher zur Erkundung des Mars

eingesetzt wurde. Rodney Brooks erläuterte in einem Vortrag auf der Informatik 2002 in Düsseldorf, wie robuste Roboter aus seinem AI Lab zur Suche von Überlebenden im WTC eingesetzt wurden (wenn auch ohne Erfolg), aber auch im Afghanistankrieg zur Felderkundung.

Diese oder doch recht ähnliche Forschung, die ich hier behelfsmässig unter dem Titel Artificial Life zusammengefasst habe, wird - wenn auch oft unter anderen Namen wie etwa Synthetic Biology, Biologically-Inspired Robotics, Evolutionary Computation oder auch Evolutionary Robotics, etc. - kräftig von Industrie und Staat gefördert.

## ***Theoretische Grundlagen – die Emergenz***

Der transdisziplinäre Forschungsbereich Artificial Life, in dem ForscherInnen aus der Mathematik, der Physik, der Informatik, der Kognitionspsychologie, der Neurophysiologie und auch der Biologie arbeiten, basiert auf der Informationstheorie, der Selbstorganisations- und der Systemtheorie. Die AL-Forschung geht aber über traditionelle Ansätze hinaus, insofern sie nicht nur Selbstorganisationsprozesse geschlossener Systeme beschreiben möchte<sup>3</sup>, sondern auch *die spontane Entstehung von Neuem in nichtlinearen, dynamischen Systemen zu erfassen und zu operationalisieren sucht*. Zentraler Fokus ihres Interesses ist deshalb das Phänomen der *Emergenz*: Emergenz bezeichnet 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, sondern als qualitativer Sprung beschrieben wird.

Die Artificial Life-Forschung nimmt allerdings an, dass dieses komplexe Verhalten auf einigen wenigen simplen Regeln beruht. Von diesen wenigen simplen Regeln ausgehend soll über endlos rekursive Schleifen Komplexität emergieren. Innerhalb einer auf Emergenz aufbauenden biokybernetischen Logik sollen verschiedene Eigenschaften des Lebendigen auf unbelebte Systeme übertragen werden. Wenn auch die Ergebnisse der Emergenz nicht vorhersehbar sind, so soll doch das Phänomen selbst im Nachhinein re-/konstruiert werden.

Die frühesten Versuche in diese Richtung gehen auf den Mathematiker und Physiker John von Neumann zurück, der sich schon in den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts für das natürliche Verhalten künstlicher Strukturen interessierte. Dieser entwickelte (auf dem Papier) einen Automaten bzw. Roboter, der – zumindest theoretisch – zur Weiterentwicklung und Reproduktion fähig sein sollte. Diese Idee wurde u.a. in den 80er Jahren von einer Forschungsgruppe unter der Leitung von Richard Laing aufgegriffen, die von der NASA für die Entwicklung von selbstreproduzierenden Robotern für den Weltraum bezahlt wurde. Es sollten Konzepte für mehr oder weniger autonome, sich selbst reproduzierende Fabriken entwickelt werden, die im Weltraum Rohstoffe abbauen und Energie produzieren konnten. Um nicht als verirrte Science Fiction-Freaks zu gelten, wurden die 'selbstreproduzierenden' Automaten vorsichtshalber in 'selbstreplizierende' umgetauft, welche neben ihren reproduktiven Leistungen auch die Fähigkeit zur Produktion, zum Wachstum, zur Evolution und zur Eigenreparatur aufweisen sollten (Levy 1996, 51).

Von den 50er bis zu den 90er Jahren gab es viele Versuche von Physikern, Mathematikern und Informatikerinnen, Prozesse der Selbstorganisation und der Evolution in künstlichen Medien zu simulieren. Berühmt geworden ist etwa das von John Conway Ende der 60er Jahre entwickelte Computerspiel 'Life', das auf John von Neumanns Idee von sich selbstreproduzierenden (Zellular-) Automaten basierte oder auch die Simulation von Vogelschwärmen von Craig Reynolds Ende der 80er Jahre. (vgl. Weber 2001) Häufig werden heute auch die starken Wurzeln der AL-Forschung in der Kybernetik übersehen, aus der viel zu lernen wäre, wie der Alifer Ezequiel Di Paolo an der School of Cognitive and Computing Science in Sussex meint -. Er schreibt hierzu in seiner Vorlesung zu 'Adaptive Systems': "For a long time (esp. in the US) anything bearing the cybernetic tag was

---

<sup>3</sup> Desweiteren 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 (wie etwa bei der Autopoiesistheorie Maturanas) (vgl. Boden 1996, 22; bzgl. der drei Stufen in der Kybernetik auch Hayles 1999).

considered as old history, to be ignored safely. Lots of ideas were lost only to be painfully rediscovered (and some only partially). E.g., neural networks, behaviour-based robotics. Today's new trends in cognitive science and AI owe many basic insights to ideas originating in the cybernetic era: Whole agent in constant interaction with environment, Subsumption architecture [of robots; JW], Situated Robotics, Artificial Evolution, Self-organisation, Dynamical systems theory applied to cognition. And we're still rediscovering..." (di Paolo 2003, 16f).

Gemeinsamer Nenner der verschiedenen Ansätze in der Artificial Life-Forschung ist immer der Versuch, im Computer auf der Basis von einfachen Regeln komplexe Muster oder gar Verhaltensweisen `entstehen zu lassen´ bzw. zum Emergieren zu bringen, die denen natürlicher Systeme entsprechen. Diese Muster sollen wiederum in der Lage sein, sich zu reproduzieren, weiterzuentwickeln und auszudifferenzieren, wollen sie als lebendig gelten. Auf der Grundlage dieser Computersimulation soll es u.a. möglich sein, die Gesetzmäßigkeiten des Lebens in mathematischen Formeln zu beschreiben und für technische Probleme zu nutzen. Während Artificial Life-Forschung mit ihrem unkonventionellen Bottom-Up-Ansatz und ihrem systematisierten 'Rumbasteln' (Tinkering) etwa im Feld des Evolutionären Programmierens doch für die Wissenschaft eher ungewöhnliche Wege beschreitet, wiederholt sich hier ein alter Topoi von Natur- bzw. Technikwissenschaft. Der Zwang zur Reduktion und Vereinfachung, der dann häufig nicht nur als heuristisches Mittel begriffen wird, sondern in eine ontologische Aussage umgemünzt wird: Von der notwendigen Reduktion von Lebensprinzipien auf einige wenige Muster, um diese im Computer oder im Roboter umsetzen zu können, wird schnell pauschal auf die Verfassung 'des' Lebens gemäss einiger weniger einfacher Regeln geschlossen. Ein beliebter Traum, auch in den neuen Technowissenschaften: „Ich habe mir immer gewünscht, daß die Ordnung, die man in der Welt findet, nicht außergewöhnlich, seltsam, sonderbar oder gestellt ist – sondern daß sie im mathematischen Sinn logisch ist. Typisch. Natürlich. Grundsätzlich. Zwangsläufig. Gottähnlich. Ja, das ist es. Es ist das Herz Gottes, das ich in gewisser Weise immer gesucht habe, nicht seine lenkenden Hände.“ Stuart Kauffman zit. nach Levy 1996, 159

Da die Projekte der Artificial Life-Forschung interdisziplinär zwischen Mathematik, Physik, Biologie, Kognitionspsychologie und (Neuro-)Informatik angesiedelt sind, hatte dieses Forschungsgebiet lange keinen etablierten Ort - nicht zuletzt da die Kybernetik so einen schlechten Ruf bekommen hatte.

Die erste Konferenz zu Artificial Life wurde 1987 von Christopher Langton organisiert und fand in Los Alamos (New Mexico) statt. Im Zuge der wachsenden Rechenleistungen der Computer fanden sich immer mehr WissenschaftlerInnen, die `lebende´ Systeme im Computer simulieren wollten und ihre neuen Eigenschaften für Computerprogrammierung, Robotik und andere Projekte nutzen. Die heute schon legendäre Konferenz in Los Alamos etablierte das neue Forschungsfeld Artificial Life, ermöglichte zumindest partiell Kooperationen in einem größeren Rahmen und führte allmählich auch dazu, dass AL wenigstens in der Fachöffentlichkeit zur Kenntnis genommen wurde. Allerdings wurde die breite Öffentlichkeit erst 1991 durch einen Artikel in der New York Times auf das Forschungsfeld AL aufmerksam, in dem das Computerprogramm `Tierra´ und die damit verbundenen Grenzüberschreitungen von Belebtem und Unbelebtem diskutiert wurden (Levy 1996, 283).

Die Konferenzteilnehmer Farmer und Belin der zweiten internationalen Artificial Life-Konferenz von 1989 fassen die Hoffnungen und Visionen bezüglich der Erzeugung künstlicher Wesen folgendermaßen zusammen: „Innerhalb von fünfzig bis einhundert Jahren wird voraussichtlich eine neue Klasse von Organismen entstehen. Diese Lebewesen werden in dem Sinne künstlich sein, als sie von Menschen gestaltet wurden. Dennoch werden sie sich fortpflanzen und in Formen umwandeln, die anders als ihr Ursprung sind. Sie werden `leben´ in des Wortes eigentlicher Bedeutung ... Der Beginn einer Ära des Künstlichen Lebens wird das wichtigste historische Ereignis seit der Entstehung des Menschen sein...“ (J. Doyne Farmer / A. d. A. Belin zit. nach Levy 1996, 11)

### **Artificial Life und neuere Robotik – die Verkörperung der Emergenz**

Heutzutage wird Artificial Life in den unterschiedlichsten Feldern entwickelt und / oder benutzt. Am *Fifth German Workshop on Artificial Life* im März 2002 in Lübeck nahmen u.a. WissenschaftlerInnen aus der Mathematik, der Forstwissenschaft, der Psychologie, aus der technischen Informatik, der Biotechnologie, der Krebsforschung und der Genetik, aus dem Gebiet des Data Mining, usw. teil, die wiederum die unterschiedlichsten Gegenstandsbereiche mit Artificial Life-Ansätzen bearbeiteten, die ich hier in ihrer Vielfältigkeit nicht erörtern kann.

Im folgenden möchte ich nur kurz auf eine der vielversprechendsten Anwendung der Artificial Life-Forschung eingehen - nämlich die im Bereich der Robotik: Chris Adami und sein Mitarbeiter Titus Brown, Forscher am AL Lab am California Institute of Technology in Pasadena / Los Angeles, schreiben hierzu: "... 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 2000,1)

Adami und Brown betonen die Relevanz des *verkörperten* emergenten Verhaltens des Robots im Gegensatz zu traditionellen Ansätzen in der frühen AL-Forschung und der älteren 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.

Um aber 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 (u.a. Pfeiffer 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. Ähnlich wie die frühe Molekularbiologie arbeitet die ältere traditionelle KI-Forschung (GOFAI = good old fashioned artificial intelligence) mit einem Top-down-Ansatz, der von einer hierarchischen und linearen Organisation von Kognition ausgeht. Nicht zufällig erwies sich also GOFAI vor allem bei der Nachkonstruktion rationaler Prozesse wie z.B. Schach spielen oder bei der Berechnung mathematischer Funktionen als erfolgreich. Kläglich versagte sie bei 'einfachen', offensichtlich nicht linear und hierarchisch organisierten Aufgaben wie Bilderkennung und koordinierter Bewegung<sup>4</sup>. Und so waren Roboter innerhalb komplexerer Umwelten noch in den Neunziger Jahre - - nach Jahren und Jahrzehnten der kognitivistisch orientierten Forschung immer noch nicht in der Lage, viele dieser simplen Aufgaben wie die Vermeidung von Hindernissen, Navigation oder koordinierte Bewegung (z.B. Treppen steigen) auszuführen.

Vor diesem Hintergrund formulierten Rodney Brooks, Rolf Pfeifer, Chris Adami und andere die Forderung nach embodied interaction - also der verkörperten Interaktion mit der Umwelt. Der zentrale Stellenwert einer ausschließlich internen Wissensrepräsentation wurde zunehmend in Frage gestellt. Rodney Brooks forderte, autonome Systeme zu entwickeln, die in den unterschiedlichsten Umwelten interagieren und Aufgaben erledigen können, für die sie nicht explizit programmiert worden waren (Brooks 1991; Pfeiffer 2001). Sein Slogan für diese zukünftigen Roboter lautete: *'fast, cheap and out of control'*. Dieser Slogan deutet auf den zunehmenden Stellenwert der Idee der Emergenz auch in

---

<sup>4</sup> vgl. Blakemore 1996; Boden 1996b

der Robotik. Generell wird im neuen Ansatz der AI bzw. der neueren Robotik eine weitaus höhere Aufmerksamkeit für die biologischen Prozesse gefordert, welche intelligentem Verhalten zugrunde liegen.

In diesem neuen Ansatz ist auch die Forderung nach Verkörperung zentral. Zum einen wird auf die physikalische Dynamik eines Systems fokussiert, seine Kräfte, Energie, etc, aber auch auf "das Verhältnis von Sensorensignalen, Motorkontrolle und neuralem Substrat. Der Fokus liegt hier weniger auf dem neuronalen Substrat allein, sondern auf dem ganzen Organismus einschliesslich seiner Morphogenese, ..., seiner Materialien". (Pfeifer 2001, 297)

Mit dieser Wende scheint doch wesentlich mehr 'Leben' in die Roboter-Entwicklung gekommen zu sein. Viele Aufgaben in der Robotik - wie etwa das Aufstehen eines humanoiden Roboters, das sehr lange nicht zu lösen war - werden langsam gemeistert. Der Anteil der Artificial Life-Forschung und ihrer Ansätze ist hierbei nicht zu unterschätzen.

Gleichzeitig blühen wilde - meist populärwissenschaftliche - Anpreisungen der Segnungen und Gefahren dieser neuen Technowissenschaften.

In klassisch apokalyptischer Manier prophezeit etwa Hans Moravec (1993) die zukünftige Ersetzung der natürlichen Systeme durch die künstlichen. Seiner Meinung nach, werden wir - wer immer hier als wir angesprochen ist - von unseren 'eigenen' Geschöpfen nach alter Zauberlehrlingsmanier überholt. Rodney Brooks dagegen setzt mehr auf die Variante der Heilsvision. Er träumt in seinem aktuellen Buch 'Menschmaschinen' davon, wie uns "die Zukunftstechnologien neu erschaffen" bzw. wir uns mit den Robotern zunehmend fusionieren und echte Cyborgs werden: "Angesichts dieser Trends [u.a. Prothetik, Biochips im Gehirn bzw. direkte neuronale Verbindungen mit dem Computer, Laserchirurgie, etc.; JW] wird es in naher Zukunft zu einer Verschmelzung von menschlichem Körper und Maschine kommen. Wir Menschen werden das Beste haben, was Maschinen bieten können, aber wir werden zugleich über unser biologisches Erbe verfügen, um den jeweiligen Stand der Maschinenteknologie zu steigern. Daher werden wir (die Roboter-Menschen) ihnen (den reinen Robotern) einen Schritt voraus sein." (Brooks 2002, 10)

Es bleibt abzuwarten, was aus diesen doch häufig recht marktschreierischen Verkündigungen wird. Vor zwanzig, dreissig Jahren hat die traditionelle KI-Forschung angesichts ihrer ersten grossen Erfolge auch recht hochfliegende Versprechungen und später eine heftige Bauchlandung gemacht. Allerdings sollte man nicht übersehen, dass diese grossartigen rhetorischen Inszenierungen nicht die Irrungen einiger weniger sind, sondern gut fürs Geschäft: Egal ob apokalyptische oder Heilserzählungen: Über die Verheissung des Weltuntergangs oder auch der Rettung der Menschen wird als Subtext die Botschaft vom großartigen Potential der Artificial Life-Forschung und Robotiktechnologie mitgeliefert. Nur eine mächtige Technowissenschaft kann solche Umwälzungen verursachen...

Eins aber lässt sich festhalten: Die interdisziplinäre Ausrichtung dieser neuen Forschung und die Kombination von Informatik und Biologie scheint zu produktiven neuen Ideen und ungewöhnlichen Artefakten zu führen. Und es ist sicherlich sinnvoller, kritisch die Entwicklungen mit Blick auf Militärtechnologie oder Gesundheitswesen - wie etwa den Care Robot für alte oder kranke Menschen - zu verfolgen, als sich allzu sehr von den futuristischen Szenarien ablenken zu lassen.

#### **Literatur:**

- Adami, Chris / Brown, Titus (2000): What is Artificial Life? In: <http://www.alife7.alife.org/whatis.shtml>, 1 (last access: 2.5.2002)
- Becker, Barbara (2000): Cyborgs, Robots und Transhumanisten. Anmerkungen über die Widerständigkeit eigener und fremder Materialität. In: dies. / Irmela Schneider (Hg.): Was vom Körper übrig bleibt. Körperlichkeit - Identität - Medien. Frankfurt a.M. / New York, 41-70
- Boden, Margaret A. (1996) (ed.): The Philosophy of Artificial Life. New York
- Brooks, R. A. (1991): "New Approaches to Robotics", Science (253), Sept., 1227-1232

- Brooks, Rodney (2002): Menschmaschinen. Wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen. Frankfurt a.M. / New York: Campus
- Cordis (Community Research & Development Information Service) (2000): Information Society Technologies. Future & Emerging Technologies - Proactive Initiative 2000: Neuroinformatics for "living" artefacts (NI). Position Paper. In: <http://www.cordis.lu/ist/fetni-5.htm> (last access: 3.1.2003)
- Dautenhahn, Kerstin: Artificial Life = Künstliches Leben? In: KI 2/1995, 34
- Di Paolo, Ezequiel (2003): Adaptive Systems. Lecture 2: Cybernetic roots of AI. In: <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/ezequiel/AS2002/lectures/AdaptiveSystems2.ppt> (last access 10.1.2003)
- Jacob, François (1972): Die Logik des Lebenden. Von der Urzeugung zum genetischen Code. Frankfurt a.M.
- Langton, Christopher G. (1996): Artificial Life. In: Margaret A. Boden (ed.): The Philosophy of Artificial Life. New York, 39-94
- Levy, Steven (1996): Künstliches Leben aus dem Computer. München (im Orig. 1992)
- Moravec, Hans (1993): Geist ohne Körper – Visionen von der reinen Intelligenz. In: Gert Kaiser / Dirk Matejovski / Jutta Fedrowitz (Hg.): Kultur und Technik im 21. Jahrhundert. Frankfurt a.M. / New York, 81-90
- Pfeifer, Rolf (2001): Embodied Artificial Intelligence. 10 Years Back, 10 Years Forward. In: Lecture Notes in Computer Science 2000, Springer-Verlag Berlin / Heidelberg, 294-310
- Pfeifer, Rolf / Kunz, Hanspeter / Weber, Marion M. (2000): Artificial Life. Chapter 1: Introduction. In: <http://www.ifi.unizh.ch/ailab/teaching/AL00/chap1.pdf> (last access: 11/2002)
- Weber, Jutta (2001): Eine lebendige, komplexe Natur und ihre Maschinen: Über den Transfer von 'Lebensprinzipien' in der Artificial Life-Forschung. In: dies.: Umkämpfte Bedeutungen: Natur im Zeitalter der Technoscience. Dissertationsschrift an der Universität Bremen. In: [http://elib.suub.uni-bremen.de/publications/dissertations/E-Diss228\\_webersec.pdf](http://elib.suub.uni-bremen.de/publications/dissertations/E-Diss228_webersec.pdf) (erscheint leicht überarbeitet im März 2003 beim Campus Verlag)
- Weber, Jutta (2002): Klassifizierungen des Lebendigen. Über Ein- und Ausschließungen am Beispiel der Robotik und Artificial Life-Forschung. In: Frieder Nake, Arno Rolf, Dirk Siefkes (Hrsg.): Wozu Informatik? Theorie zwischen Ideologie, Utopie, Phantasie. Bericht 235/01 des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg (im Erscheinen)
- Weber, Jutta (2003): Über Tinkering, Emergenz und das Evolvieren von Artefakten. Zur Frage nach einem 'neuen' Denken in den Hybridwissenschaften. In: Jutta Weber / Corinna Bath (Hg.): Turbulente Körper und soziale Maschinen. Opladen: Leske & Budrich (in Vorbereitung)

Wichtige Zeitschriften für Artificial Life u.a.:

Artificial Life (MIT Press)

Adaptive Behavior (MIT Press)

Artificial Life and Robotics (Springer Verlag)

IEEE Transactions on Evolutionary Computation (IEEE)

Journal of Genetic Programming and Evolvable Machines (Kluwer)

Nützliche Links u.a.:

<http://alife.org/>

<http://www.cogs.susx.ac.uk/users/ezequiel/alife-page/alife.html>

<http://www.aridolan.com/ad/Alife.html>

<http://ls11-www.informatik.uni-dortmund.de/alife/GI/> (leider ein wenig veraltet)