

VERKÖRPERTE KOGNITION UND DIE UNBESTIMMTHEIT DER WELT MENSCH-MASCHINE-BEZIEHUNGEN IN DER NEUEREN KI

Barbara Becker, Jutta Weber

»Und die Gefahren der Paradoxe sind Ihnen bekannt:
wenn sie sich in eine Theorie einschleichen, ist es so,
als ob der Teufel seinen Spaltfuß in den Türspalt zur
Orthodoxie steckt.« Heinz von Foerster

Einleitung

In den letzten Jahren – wenn nicht gar Jahrzehnten – gewinnt man immer häufiger den Eindruck, als würden »intelligenten« Maschinen zu einem zentralen Referenzpunkt in unserer Auseinandersetzung mit der *conditio humana*. Zunehmend konstruieren wir unsere Selbstbilder in Abgrenzung von oder durch die Bezugnahme auf sog. »transklassische« Maschinen. In entsprechender Weise argumentiert auch die Wissenschaftsforscherin Katherine Hayles:

»We do not need to wait for the future to see the impact that the evolution of intelligent machines have on our understanding 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. [...] The unthinkable thought is not to disagree that we are like machines but to imagine a human future without them.«¹

In unserem Beitrag wollen wir neuere Ansätze der Künstliche-Intelligenz-Forschung unter der Perspektive beleuchten, wie sich zentrale

1 | Katherine Hayles: Computing the Human, in: dies./Corinna Bath (Hg.), *Turbulente Körper, soziale Maschinen. Feministische Studien zur Technowissenschaftskultur*, Opladen 2003, S. 99–118, hier: S. 116.

Barbara Becker Konzepte von Kognition und Körper, aber auch Vorstellungen über *Jutta Weber* die Relation von Subjekt und Objekt bzw. die Beziehung von Mensch und Maschine verändern. Bei der Umschreibung klassischer Konzepte der KI spielt interessanterweise auch das Moment des Unbestimmten eine zunehmende Rolle, jener »augustinische Teufel des Zufalls«, der Kybernetikern wie Norbert Wiener ein Dorn im Auge war und der Kritikern² lange als profundes Gegengift gegen reduktionistische Ansätze in der Künstliche-Intelligenz-Forschung galt.³

Wir werden im Folgenden neue Konzepte von Kognition, aber auch von Körperlichkeit in der embodied cognitive science bzw. der kognitiven Robotik analysieren, die sich in wesentlichen Punkten von den Ansätzen der ›Good Old Fashioned Intelligence‹ unterscheiden. Dabei ist es interessant zu beobachten, dass sich einige der Theoretiker des neuen Ansatzes auf frühere Kritiken der traditionellen KI-Forschung beziehen. Unsere Frage lautet dann, in wie weit diese Kritikpunkte der klassischen KI in den neueren Ansätzen in überzeugender Weise aufgegriffen werden und wie die neuen Lösungsansätze (sofern sie wirklich neu sind) realisiert werden. Damit soll nicht der Eindruck erweckt werden, dass die Entwicklung von alternativen Formen von Kognition und die neue Aufmerksamkeit für den Körper in der kognitiven Robotik und embodied cognitive science primär über die Auseinandersetzung mit theoretischen Positionen der Philosophie oder Technikforschung entwickelt wurden. Zwar lieferten diese partiell Inspirationen für alternative Ansätze, doch gründet deren Entwicklung v.a. in den manifesten theoretischen und technischen Problemen der KI und dem Scheitern vieler Hoffnungen der alten Schule.⁴

Nach der Auseinandersetzung mit den Konzepten der neuen KI wollen wir abschließend erste Überlegungen über die gesellschaftspolitische Bedeutung der Neukonfiguration der Mensch-Maschine-Beziehung im Zeitalter der Technoscience(s) anstellen.

2 | In loser Folge wird im Text sowohl das generalisierte Femininum wie Maskulinum gebraucht, um die nicht immer zufrieden stellende Lösung des großen ›X‹ zu vermeiden. Mit Kritikern sind also auch Kritikerinnen gemeint, genauso wie mit Technikerinnen auch Techniker gemeint sind.

3 | Vgl. u.a. Peter Galison: The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision, in: Critical Inquiry 21 (1994), S. 228–265.

4 | Vgl. Rolf Pfeifer/Christian Scheier: Understanding Intelligence, Cambridge/MA, London 1999; Thomas Christaller u.a.: Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft, Berlin u.a. 2001.

Die traditionelle KI-Forschung

Verkörperte
Kognition und
die Unbestimmt-
heit der Welt

Für die klassische KI- und Kognitionsforschung war lange Zeit die sog. Symbolverarbeitungshypothese das zentrale Paradigma. Sie basierte insbesondere auf der von Jerry Fodor vorgetragenen Theorie, der zufolge es eine Sprache des Geistes gibt, deren Sätze eine syntaktische Konstituentenstruktur besitzen. Denn nur auf der Basis einer solchen Hypothese sei erklärbar – so Fodor – wie Menschen kognizieren und vernünftig handeln könnten. Diese »Computertheorie des Geistes« erfreute sich bei KI-Forschern und Kognitionswissenschaftlern schon deshalb einer besonderen Beliebtheit, weil sich hier am ehesten die theoretische Legitimation für den eigenen Ansatz finden ließ. Indem der menschliche Geist im Wesentlichen als ein funktionales System begriffen wurde, welches in Abhängigkeit vom inneren Ausgangszustand, in dem es sich jeweils befindet, Inputs in Outputs überführt, stellte sich eine unmittelbare Vergleichsmöglichkeit mit Computerprozessen ein.⁵ Auch Rechnerprozeduren sind durch eine abstrakte algorithmische Organisation charakterisiert, durch welche sich die Transformationen von Inputs in Outputs erklären lassen. Eine sich am Computer als Modell orientierende funktionalistische Theorie des Geistes zeigte auch hinsichtlich der hierarchischen Konzeption eine Analogie zur Rechnerarchitektur auf, weil sie verschiedene kognitive Ebenen unterstellt, die von der semantischen oder intentionalen Ebene über eine syntaktische Ebene bis hin zur Ebene der physikalischen Realisierung reichte. Die Computertheorie des Geistes und mit ihr die KI- und die Kognitionswissenschaft waren dabei vornehmlich an der semantischen und syntaktischen Ebene interessiert – die Frage der materiellen Implementierung, d.h. das Problem der ›Hardware‹ galt demgegenüber als irrelevant.

Trotz weit reichender Kritik an diesem Ansatz finden sich bis heute überzeugte Vertreter dieser Auffassung:

»Cognitive scientists view the human mind as a complex system that receives, stores, retrieves, transforms and transmits information. These operations are called computations or information processes, and the view of the mind is called the computational or information-processing view.«⁶

Die klassische KI- und Kognitionsforschung basierte also auf einer repräsentationalen bzw. computationalen Theorie des Geistes. Repräsentational ist die Theorie insofern, als sie unterstellt, dass die Zustände des Geistes einen bestimmten Gegenstandsbereich oder

5 | Vgl. Jerry Fodor: *The Language of Thought*, New York 1975.

6 | Neil A. Stillings u.a.: *Cognitive Science: An Introduction*, Cambridge/MA²1995, S. 1.

Barbara Becker Weltausschnitt darstellen bzw. wieder vergegenwärtigen, indem sie *Jutta Weber* eine »strukturerhaltende Abbildung von beliebigem Abstraktionsgrad verwirklichen«⁷; computational wird die Theorie, wenn ange nommen wird, dass Kognition gleichzusetzen ist mit der formalen, regelgeleiteten Verknüpfung dieser Repräsentationen.

Kognition wurde folglich als Geschehen gedeutet, dass im ›Innen‹ eines isolierten Subjekts stattfindet, dem ein ›Außen‹, die Welt, gegenübersteht; mit dieser ihm äußerlichen Welt müsse – so die Annahme – das kognizierende System über Repräsentationen in Beziehung treten. Darüber hinaus galt Kognition als substratneutral, d.h. finde sich in unterschiedlichen Systemen realisiert und sei nicht gebunden an eine spezifische, z.B. biologische, Materie. Das Mentale wurde als weitgehend eigenständiger Wirklichkeitsbereich mit für ihn typischen Strukturprinzipien betrachtet, die in keiner definierbaren Beziehung zur physikalischen Ebene stehen. Kognitive Akte ganz unterschiedlicher Art ließen sich dieser Vorstellung zur Folge in künstlichen Systemen mit einer nicht-biologischen materiellen Basis rekonstruieren, wobei diese funktionale Rekonstruktion Teil der Theoriebildung sein sollte.

Die Kritik der klassischen KI

Die Kritik gegenüber dem klassischen Ansatz der KI und Kognitionsforschung verwies auf unterschiedliche Aspekte.

Kritisiert wurde zunächst die Annahme, dass Kognition als algorithmische Operation aufzufassen sei – stattdessen wurde betont, dass es sich hierbei vielmehr um einen Prozess der Selbstorganisation handle, in dessen Verlauf sich über neuronale Aktivitätsausbreitung raumzeitliche Muster herausbilden, die eine dynamische Repräsentation darstellen.⁸ Ebenso wurde der Subjekt-Objekt-Dualismus kritisiert, dem zufolge ein Subjekt Repräsentationen über eine ihm gegenüberstehende äußerliche Welt bildet.⁹ Demgegenüber wurde auf das In-der-Welt-Sein des Menschen verwiesen, der in einer dia logischen Beziehung mit der Welt steht und in sie unauflöslich situativ eingebettet ist.¹⁰ Auch die Annahme, der zufolge die Aus-

7 | Martin Kurthen: Hermeneutische Kognitionswissenschaft, Bonn 1994, S. 28.

8 | Vgl. hierzu Andreas Engel/Peter König: »Das neurobiologische Wahrnehmungsparadigma«, in: Peter Gold/Andreas Engel (Hg.), Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften, Frankfurt/Main 1998.

9 | M. Kurthen: Hermeneutische Kognitionswissenschaft; Martin Kurthen: »Nach der Signifikationsmaschine«, in: Peter Gold/Andreas Engel (Hg.): Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften, Frankfurt/Main 1998.

10 | Bernhard Waldenfels: Bruchlinien der Erfahrung, Frankfurt/Main 2002.

blendung der körperlich-sinnlichen Materialität bei der Betrachtung kognitiver Prozesse legitim sei, erfuhr von unterschiedlicher Seite herbe Kritik.¹¹ Die Frage des »symbol-grounding«, der Bedeutungs-generierung bei der Entwicklung von und beim Umgang mit Symbolen¹², erwies sich in den klassischen Ansätzen ebenso als unlösbar. Zudem wurde immer wieder auf die Sozialität von kognitiven Prozessen verwiesen und die historische und kulturelle Situiertheit des Menschen als wesentliche Grundlage seines Kognizierens hervorgehoben.¹³

Viele der Kritikpunkte werden mittlerweile in neueren Ansätzen der KI und Kognitionswissenschaft zumindest ansatzweise berücksichtigt.¹⁴ Neue Begrifflichkeiten wurden entwickelt, das Konzept von Kognition verändert, Körperlichkeit und Materialität finden Interesse und die Sozialität von Kognition wird in den Blick genommen.

Neue Konzepte der Künstlichen Intelligenz-Forschung

Verkörperte Kognition

Unter Bezugnahme auf neuere Erkenntnisse aus den Neurowissenschaften (Damasio), aus der Linguistik (Lakoff), aber auch aus dem Bereich der Philosophie (Heidegger, Dreyfus, etc.) verschiebt sich die Perspektive der sogenannten neueren KI oder auch nouvelle artificielle intelligence von der Repräsentation hin zur (verkörperten) Wahrnehmung, von der Fokussierung auf das (quantitative) Prozessieren von Information in Richtung auf System-Umwelt-Kopplung und emergentes Verhalten:

»[...] [Rodney] Brooks popularised the claim by the German philosopher Heidegger [...] that we function in the world simply by being part of it. Brooks uses the phrase ›being-in-the-world‹ in terms of his implementation

11 | Vgl. Herbert Dreyfus: What Computers still can't do, Cambridge/MA 1992; Barbara Becker: »Leiblichkeit und Kognition«, in: P. Gold/A. Engel (Hg.): Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften; Barbara Becker: »Zwischen Autonomie und Heteronomie«, in: Thomas Christaller/Josef Wehner (Hg.), Autonome Maschinen, Wiesbaden 2003.

12 | Francisco J. Varela/Evan Thompson/Eleanor Rosch: The embodied mind, Cambridge/MA 1991.

13 | H. Dreyfus: What Computers still can't do.

14 | Allerdings zumeist nur in dem Maße, wie sich diese Innovationen mit dem Anspruch verbinden ließen, leistungsfähige Programme und Maschinen zu konzipieren.

Barbara Becker of the subsumption architecture to autonomous mobile robots. Experience *Jutta Weber* in building robots has led Brooks to argue that embodiment is vital to the development of artificial intelligence [...].«¹⁵

Während sich viele Robotiker des neuen Ansatzes darauf beschränken, einen verkörperten Roboter zu bauen, der Sensoren und Aktuatoren besitzt, die aber in eine feste Kontrollarchitektur integriert sind und damit eine recht reduktionistische Fassung von Verkörperung umsetzen, fordern Vertreter des starken Ansatzes der neuen KI die dynamische Verkörperung des Roboters, die sowohl eine Selbstwahrnehmung des Körpers wie auch eine dynamische Interaktion mit der Umwelt mit einschließt. So schreiben die Robotikerinnen Kerstin Dautenhahn und Thomas Christaller: »[D]evelopment of a conception of the body, which is generally discussed as the acquisition of a body image or body schema, is necessary for embodied action and cognition.«¹⁶ Gina Joue und Brian Duffy unterscheiden demzufolge die Ansätze der embodied cognitive science bzw. der verkörperten Robotik danach, ob sie einer ›On-World-Philosophy‹ oder einer ›In-World-Philosophy‹ folgen:

»The primary distinction between IN- and ON-World embodiment is the notion of the robot adapting at a macro and micro level to its environment or not. The question is whether there is a difference between the performance of a controller with actuators and perceptors (a robot ON its environment) and the behaviour of an agent being a part of its environment (a robot IN its environment). ON-World corresponds to an allopoietic interpretation of embodiment in robotics, while IN-World seeks to approximate the notion of autopoietic embodiment.«¹⁷

Verkörperung im starken bzw. emphatischen Sinne wird als komplexe Verbindung von System und Umwelt – sowohl auf der Makro- wie auf der Mikroebene verstanden.¹⁸ Alle Versuche des schwachen An-

15 | Brian Duffy/Gina Joue (2000): »Intelligent Robots: The Question of Embodiment«, in: <http://www.medialabeurope.org/anthropos/publications/pubs/BrainMachine2000.pdf>, S. 4, gesehen 2/2005.

16 | Kerstin Dautenhahn/Thomas Christaller: »Remembering, rehearsal and empathy – towards a social and embodied cognitive psychology for artefacts«, in: Seán Ó Nualláin/Paul Mc Kevitt/Eoghan Mac Aogáin (Hg.), *Two sciences of mind: readings in cognitive science and consciousness*, Amsterdam, Philadelphia 1997, S. 257–282.

17 | B. Duffy/G. Joue: »Intelligent Robots: The Question of Embodiment«, S. 5.

18 | Vgl. auch Noel Sharkey/Tom Ziemke: »Life, mind and robots: the ins and outs of embodiment«, in: Stefan Wermter/Ron Sun (Hg.), *Hybrid Neural Systems*, Heidelberg 2000, S. 313–332.

satzes werden als ein recht simples Übertragen von internen Repräsentationen auf die externe Welt mit Hilfe des Körpers, aber nicht als emphatische Verkörperung eingeordnet. Anknüpfend an Konzepte über autopoietische¹⁹ Systeme, welche die Fähigkeit zur Adaption, Selbstreproduktion, Selbstreparatur und anderes mehr besitzen, setzen die Vertreter des starken Ansatzes von Verkörperung ihre Hoffnungen auf evolvierbare *Hardware*, die die Fähigkeit zur Selbstreparatur, zur Selbstreproduktion oder auch die Anpassung des Körpers an seine jeweils changierende Umweltsituation ermöglichen soll.

Die andere Komponente, von der sich Robotikerinnen flexibles Verhalten und eine Verkörperung im emphatischen Sinne versprechen, ist das sog. *emergente Verhalten*. Die Kombination und das Zusammenwirken von einzelnen Elementen (z.B. Programmen) soll zu unvorhersehbaren und qualitativ differenten Effekten auf einer neuen Ebene führen. Hier knüpfen die Forscherinnen an Konzepte aus der Biologie an, denen zufolge das Prinzip der Emergenz als Erklärungsmodell für die Fähigkeit des Organismus zur Evolution, Anpassung und Selbsterhaltung eingeführt wird.

Wichtig festzuhalten bleibt hier, dass der neue starke Ansatz der embodied cognitive science bzw. Robotik Kognition also nicht mehr als eigenständigen Wirklichkeitsbereich mit unabhängigen Strukturprinzipien versteht, sondern als dialogischen Prozess, der verkörpert und situiert ist und aus der Interaktion von System und Umwelt emergiert. Der Wissenschaftssoziologe Andrew Pickering beschreibt den neuen Zugang der verkörperten bzw. autonomen Robotik dann ganz euphorisch folgendermaßen:

»Hard-line autonomous robotics is deeply antirepresentational. It wants to build robots that are always in the thick of things – essentially embodied, operating on inputs from the world transforming them into outputs, monitoring what comes back, adjusting outputs again, and so on – and all of this without the existence of any abstract, formal, detached representation of the world in which the robot lives. An exemplification of the dance of agency itself.«²⁰

19 | Zur Differenz von autopoietischen und allopoietischen Systemen vgl. Humberto R. Maturana/Francisco J. Varela: *Autopoeisis and Cognition. The Realization of the Living*, Dordrecht 1980 (= Boston Studies in the Philosophy of Science 42); B. Duffy/G. Joue: »Intelligent Robots: The Question of Embodiment«; N. Sharkey/T. Ziemke: »Life, mind and robots: the ins and outs of embodiment«.

20 | Andrew Pickering: »In the Thick of Things. Keynote address at the conference ›Nature Seriously‹, Univ. of Oregon, Eugene 25.–27th Febr. 2001«, in: <http://www.soc.uiuc.edu/people/CVPubs/pickerin/itt.pdf>, S. 10f., gesehen 2/2005.

Barbara Becker Dass dieser »dance of agency« teilweise doch recht reduziert ver-

Jutta Weber standen und umgesetzt wird, haben bereits Duffy und Joue hervorgehoben. V.a. aber möchten wir hier festzuhalten, dass die Konstruktion eines emphatisch verkörperten Roboters bis heute Zukunftsmusik ist: »Based on the current technologies for the design and realisation of a robotic entity, strong embodiment analogous to the autopoetic features of animal systems is not yet available.²¹ Und es bleibt auch sicherlich eine offene Frage, ob eine solche Konstruktion überhaupt möglich ist. Nachdem im Jahre 2000 Hod Lipson und Jordan Pollocks Paper zu »Automatic Design and the Manufacture of Robotic Lifeforms« in »Nature« große Hoffnungen in der AI-Community hervorriefen, ist es seither doch wieder sehr ruhig um die Idee selbstevolvierender Roboter geworden.²²

Emergenz, neue Körper und die Unbestimmtheit von Welt

Interessant an diesen neuen Entwicklungen ist v.a., dass hier zunehmend mit einem post-modernen²³ bzw. posthumanen Begriff des Körpers gearbeitet wird. Theoretikerinnen wie Donna Haraway, Francisco Varela oder Katherine Hayles haben darauf hingewiesen, dass Begriffe wie Code, Vernetzung, Fragmentierung und Dispersion in das Zentrum des Interesses rücken. Im Zuge der Reinterpretation des Körpers im Zeitalter der Technoscience wird dieser zunehmend als dynamisch, als strategisches System und als Feld von Differenzen verstanden. Das alte Bild des hierarchisch organisierten Körpers wird sukzessive ersetzt durch jenes des Netzwerk-Körpers, der durch die Selbstregulation partikularer Systeme gekennzeichnet ist. Damit einher geht auch die Annahme, dass sich ehedem unterstellte, klare Trennungen zwischen Organismus und Umwelt nicht länger aufrechterhalten ließen. So geht etwa die Immunbiologie davon aus, dass es kein klar konturiertes Innen und Außen mehr gibt, sondern eine ständige Interaktion mit der Umwelt ein wesentliches Charakteristikum organischer Körper sei. »Das ›Selbst‹ und das ›Andere‹ verlieren die Qualität eines rationalistischen Gegensatzes und werden zu einem subtilen Spiel von partiell gespiegelten Leseweisen und Antworten.²⁴ Der Körper wird als offenes, parallel verteiltes System mit emergenten Effekten, mit fließenden Grenzen, evolvierenden Eigenschaften und ohne zentrale Steuerungsinstanz – sprich: als bot-

21 | B. Duffy/G. Joue: »Intelligent Robots: The Question of Embodiment«, S. 6.

22 | Die Idee selbstdreproduzierender Maschinen in der KI-Forschung ist relativ alt und wurde u.a. schon von John von Neumann vertreten.

23 | Bei allem Wissen um die Problematik des Adjektivs »postmodern«.

24 | Donna Haraway: Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen, Frankfurt/Main, New York 1995, S. 183.

tom-up organisiert – konzipiert. Nach dieser Logik basiert das dynamische System des Körpers auf ständig variierten Interaktionen einer Vielzahl von Teilsystemen. Die situierte Anpassung an veränderte Umweltbedingungen und die damit einher gehende Umorganisation der interdependenten Teilsysteme finden im Organismus ohne eine hierarchisch organisierte Steuerungsinstanz statt. Dieses radical dynamisierte Verständnis von Körper²⁵, das in Kontrast tritt zu den alten hierarchischen Konzepten der Moderne, die den Körper der Umwelt opponierten und als hierarchisch organisierte Entität konzipierten, macht den Körper zugleich zu einem weit flexibleren Objekt der Gestaltung. Gleichzeitig scheint durch die vielfältigen Interaktionen und das Entstehen neuer Eigenschaften der Systeme durch die neuen Methoden und Herangehensweisen auch Unerwartetes zu erstehen. Das Unvorhersehbare wird gewissermaßen gesucht bzw. soll systematisch erzeugt werden. Die vielschichtige Lebendigkeit der Welt und die sie charakterisierende Offenheit, Veränderbarkeit und Unbestimmtheit scheint einen Ort in den technologischen Diskursen zu finden. Die Idee der Unbestimmtheit des Lebendigen wird in den Technowissenschaften wichtig, die mit dem Konzept der Emergenz in gewisser Weise Körperlichkeit auch als unbestimmt und offen, als situiert, contingent und veränderbar zu fassen versuchen.

Eine epistemologische Umorientierung der Technowissenschaften

Mit dem Interesse an dem Überschuss des Lebendigen geht ein neues Interesse für Unabgeschlossenheit, für den Zufall, für *trial-and-error* und dem sog. *tinkering* einher. Genau jenes *tinkering*, eine quasi systematisierte Form des Herumbastelns und Kombinierens von kleinen Entitäten nach dem *bottom-up*-Prinzip, das angeblich der Natur abgeschaut wurde²⁶, soll in der *embodied cognitive science* das Evoluzieren von emergenten Prozessen und damit neue Erkenntnisprozes-

25 | Siehe auch Katherine Hayles: *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*, Chicago 1999; dies.: *Computing the Human*; Jutta Weber: »Turbulente Körper, emergente Maschinen? Zu Körperkonzepten in Robotik und neuerer Technikkritik«, in: dies./Corinna Bath (Hg.), *Turbulente Körper und soziale Maschinen. Feministische Studien zur Technowissenschaftskultur*, Opladen 2003, S. 119–136; dies.: »Die Produktion des Unerwarteten. Materialität und Körperpolitik in der neueren Künstlichen Intelligenz«, in: Corinna Bath u.a. (Hg.), *Materialität denken. Studien zur technowissenschaftlichen Verkörperung*, Bielefeld 2005 (im Erscheinen).

26 | Vgl. François Jacob: »Evolution and Tinkering«, in: *Science* vom 10. Juni 1977, S. 1161–1166.

Barbara Becker se ermöglichen. Die Gratwanderung zwischen Ordnung und Chaos *Jutta Weber* wird attraktiv, und die Idee der systematischen Produktion des Un-erwarteten wird wesentliches Erkenntnismittel. Die Entstehung von Neuem, von Kreativität, Spontaneität und die technische Nutzung von Evolution bzw. von emergenten Prozessen sind zentrale Momen-te dieser Forschungslogik geworden. Interessanterweise sind dies zum Großteil Eigenschaften, die lange als das Spezifikum, wenn nicht des Menschen, dann doch des Organischen galten.

Das Rauschen, das Durcheinander und die Unkontrollierbarkeit, der »augustinische Teufel des Zufalls«, den Norbert Wiener noch be-kämpfte²⁷, all diese Momente, die Kritiker immer wieder auch als Potentiale gegen den Kontrollwahn der älteren Kybernetik ins Feld führten, sind offensichtlich zu produktiven Momenten der Techno-wissenschaften geworden.

Neuere Technowissenschaften arbeiten nicht mehr primär mit der Vorstellung von Objektivität, die traditionell auf der Wiederholbar-keit von Experimenten basierte. Vorstellungen von einer vollständi-gen Sichtbarkeit und Verständlichkeit, von einer Vollständigkeit und Kohärenz von Systemen – seien es Körper, Intelligenz oder Wissen – verlieren an Bedeutung.

Repräsentation im Sinne klassischer Berechnung ist nicht mehr das (allein) angestrebte Ziel: Durch sogenannte evolutionäre Algo-rithmen auf der Basis des *bottom-up*-Prinzips und mit Hilfe der Sto-chastik und des *tinkering*s sollen bessere Lösungsmöglichkeiten ›be-reitgestellt‹ bzw. eben evolviert werden – ohne dass dabei die kom-plexen Mechanismen des jeweiligen Gegenstandes exakt bekannt sein müssen. Selbst wenn die Ergebnisse der jeweils einzelnen Re-chenprozesse, Simulationen und Experimente nicht immer (vollstän-dig) kalkulierbar und vorhersehbar sind, können dennoch durch Auswahl und Steuerung gewisse Ziele anvisiert und die Praktiken in eine gewisse Richtung gelenkt werden. Das Motto, unter dem diese ›evolutionäre‹ Entwicklungslogik steht, lässt sich folgendermaßen umschreiben: »Das Ziel erreichen, ohne den Weg zu kennen«²⁸.

Es scheint, als ob in den Technowissenschaften selbst sich die Einsicht durchsetzt: »dass die Unabgeschlossenheit unserer Inter-pretationen nicht Zeichen eines Bestimmtheitmangels ist, sondern [...] Startbedingung möglichen Gelingens, dass Missverstehen [...] Medium des Verstehens ist«²⁹. Sicherlich spielt auch weiterhin die

27 | Siehe oben.

28 | Simon Ehlers: »Das Ziel erreichen, ohne den Weg zu kennen. Biotechno-logen ahmen Methoden der Natur im Labor nach«, in: Süddeutsche Zeitung vom 12.9.2000.

29 | Gerhard Gamm: Nicht nichts. Studien zu einer Semantik des Unbestim-mten, Frankfurt/Main 2000, S. 198.

moderne Wissenschaftsrationalität, die Vollständigkeit, Transparenz und umfassendes Wissen anstrebt, eine Rolle – dies aber v.a. in vielen Selbstzeugnissen und populärwissenschaftlichen Beiträgen. Da gegen scheint dies in den epistemologischen Ansätzen der gegenwärtigen Technowissenschaften nicht mehr alleinig bestimmend zu sein. Häufig werden Methoden der Repräsentation mit tinkering und der Nutzung von »evolvierenden Prozessen verbunden.

Natürlich geht es trotz der erwähnten Neuerungen in den Technowissenschaften weiterhin darum, auch die Bewegungen des Unbestimmten, des Unerwarteten und Unkalkulierbaren einzugrenzen, nachzuvollziehen und operabel zu machen, da man intelligenter Artefakte bauen möchte und hofft, Prozesse des Lebendigen besser erklären zu können. Die Naturbeherrschung bzw. die Konstruktion effizienter technischer Artefakte in den Technowissenschaften basiert durchaus auf der Grundlage einer umfassenden – nun biokybernetischen – Systemrationalität. Aber im Rahmen probabilistischer Verfahren ist Exaktheit nicht mehr erstes Ziel, da das *tinkering* auf das *Verstehen von Rahmenbedingungen zielt, nicht unbedingt auf Gesetzmäßigkeiten im rigiden Sinne*.

Alfred Nordmann beschreibt die Entwicklungstendenzen in den neuen Technowissenschaften ganz ähnlich.³⁰ Ihm zufolge geht es hier immer weniger um die Formulierung von gesetzmäßigen Kausalbeziehungen oder Mechanismen und um quantitative Voraussagen und Falsifizierbarkeit, sondern zunehmend um eingreifende Gestaltung in eine als hybrid, als konstruierend und konstruiert verstandene Natur.³¹ Es wird nach Strukturähnlichkeiten gesucht, wobei es weniger um ein reines Erkenntnisinteresse geht, als um die Erkundung nützlicher Eigenschaften, die auch technisch realisierbar sind.

Tinkering und die Baukastenlogik sind also an prominente Stelle gerückt, da nicht mehr primär Grundlagenwissen angestrebt wird, d.h. die Formulierung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten der Natur im Zentrum des Interesses steht, sondern v.a. das Verstehen von Rahmenbedingungen und eine effektive Intervention und Gestaltung.

Womöglich gewinnen Verkörperung und Materialität gerade so eine entscheidende Bedeutung, da nun das technisch Realisierbare im Vordergrund steht. Während die Berücksichtigung von Verkörperung und Materialität bei der Formulierung von allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Natur eher hinderlich war, insofern beide Momente nur kontextuell und situiert fassbar sind und damit die Komplexität hochgradig steigern, werden sie nun als Faktoren wichtig und handhabbar, wenn es darum geht, überzeugende partielle technische Lö-

30 | Vgl. den Beitrag von Alfred Nordmann in diesem Band.

31 | Vgl. auch J. Weber: »Turbulente Körper, emergente Maschinen?«

Barbara Becker sungen zu finden, bei denen Materialität zu einem Faktor wird, der *Jutta Weber* helfen kann, das anvisierte Ziel zu verwirklichen.

Unbestimmtheit und postmoderne Mensch-Maschine-Beziehungen

Vor diesem Hintergrund wird das Paradigma der Mensch-Maschine-Beziehung in der neueren Künstlichen Intelligenz deutlich. Der Mensch bzw. Organismus zeichnet sich nun primär durch Flexibilität und die Fähigkeit zur Evolution aus; Kognition findet dem starken Ansatz der verkörperten Robotik nach an der Schnittstelle von System und Umwelt als ko-konstruierender Prozess statt. Diese flexiblen und dynamischeren Körper, die sich permanent an die Umwelt anpassen (sollen), scheinen effizientere Mensch-Maschine-Kopplungen als jemals zuvor zu ermöglichen. Die strukturelle System-Umwelt-Kopplung, die in der neueren KI so dominant wird, ist wiederum notwendig, um systematisch Rahmenbedingungen für technisch effiziente Systeme zu erkunden. Die neue Aufmerksamkeit für Körperllichkeit ist zudem dem Interesse geschuldet, hierbei die intrinsischen Eigenschaften von bestimmten Materialien auszunutzen.

Auffällig ist vor dem Hintergrund, dass die Offenheit und Vielschichtigkeit von Welt, ihre Unbestimmtheit, interessant wird. Diese Wendung erinnert daran, dass Unsicherheit zunehmend zur *conditio humana* in unseren globalisierten und deregulierten Welten geworden ist. In dieses Bild passen dann auch Technowissenschaften, die sich an einem flexiblen Körperkonzept orientieren und in einer zunehmend komplexer (erscheinenden) Welt versuchen, Rahmenbedingungen für bestimmte Situationen und Kontexte im Hinblick auf technische Lösungen zu entwickeln. In diesem Kontext wird Flexibilität, Offenheit, das Ungewisse und die Unbestimmtheit zur produktiven Ressource des Engineerings der menschlichen Intelligenz.

Diese neue Perspektive verweist die Kritiker der klassischen KI zunächst in ihre Schranken, scheinen in den neuen Ansätzen doch viele der ehemals aufgezeigten Probleme und Schwachstellen berücksichtigt und teilweise auch überwunden worden zu sein. Und doch bleiben einige Fragen offen. So sind die neuen Ansätze vielfach immer noch eher visionärer Natur, was sich auch daran zeigt, dass in den konkreten Realisierungen oft eine Rückkehr zu alten Vorstellungen, etwa zur Repräsentationstheorie oder zu einer hierarchischen Strukturlogik erfolgt. Der Zwang, leistungsfähige und v.a. anwendbare Systeme zu konzipieren, lässt oft keine andere Wahl.

Zudem erfreuen sich die Konzepte der Flexibilisierung, Offenheit und Ungewissheit nicht nur in den Technowissenschaften zunehmender Beliebtheit, sondern sie gewinnen auch als Leitbilder für in-

dividuelle Konzepte der Lebensführung eine immer größere Bedeutung. Die daraus resultierenden individuellen wie gesellschaftlichen Probleme können hier nicht diskutiert werden, doch bleibt in aller Kürze anzumerken: Der Erkenntnis- und Freiheitsgewinn, der sich aus den oben skizzierten Flexibilisierungen und Öffnungen fraglos ergibt, evoziert Kontingenzerfahrungen, die individuell wie gesellschaftlich nur schwer zu verkraften sind.³² Die Restituiierung von rigiden Ordnungen ist dann eine mögliche Folge, was sich gegenwärtig sowohl in individuellen Bestrebungen als auch gesellschaftlichen Entwicklungen immer häufiger andeutet.

32 | Vgl. Zygmunt Bauman: Flüchtige Moderne, Frankfurt/Main 2000.

