

Jutta Weber

Mannigfaltige Techno-Naturen

Von epistemischen Modellsystemen und situierten Maschinen

Zusammenfassung

Mannigfaltige Techno-Naturen an der Schnittstelle von Sozialem, Technischem und Natürlichem entstehen in den und durch die Diskurse und Praktiken der neuen Technowissenschaften. Entgegen der verbreiteten These von der Entkörperung und Dekontextualisierung von Modellorganismen im Labor zeige ich in meinem Beitrag auf, wie auf je unterschiedliche Weise ontische Dimensionen von Modellorganismen und Technofakten in der Artificial Life-Forschung und Robotik sichtbar bzw. unsichtbar gemacht werden.

Gerade die Untersuchung der Konstruktion der ontischen Dimension nicht-menschlicher Akteure in unterschiedlichen Forschungspraktiken eröffnet Möglichkeiten, nicht-menschliche Akteure ernst zu nehmen, erlaubt ein genaueres Verständnis des Un/Sichtbarmachens von spezifischen ontischen Dimensionen nicht-menschlicher Akteure und zeigt Wege für kritische Interventionen in unsere Technowissenschaftskultur auf. Sie vermeidet jene bauchrednerischen Erzählpraktiken, die mit der Stimme aus dem Off den nicht-menschlichen Akteuren Eigenschaften verordnen und sie damit einmal mehr zum Verstummen bringen.

Abstract

A multitude of techno-natures emerge through discourses and practices of the new technosciences. While some philosophers and science studies scholars argue that model organisms and artefacts are getting more and more disembodied and decontextualised in the laboratory, I want to show how ontic dimensions of model organisms and artefacts are made invisible as well as visible in different practices of technosciences like Artificial Life and robotics.

This analysis opens up possibilities for an understanding of how ontic dimensions of non-human actors are made visible and invisible in technoscientific practices. At the same time it allows the development of a concept of non-human actors beyond reifying, velontriquist practices of representation as well as a critical intervention in the co-construction of our technoculture.

„Natur als Fremdes zu denken heißt, in spielerischer Weise darauf gefaßt zu sein, daß einem der Himmel auf den Kopf fallen könnte.“ *Volker Schürmann*

Mannigfaltige Techno-Naturen, Entitäten an der Schnittstelle von Sozialem, Technischem und Natürlichem, entstehen in den und durch die Diskurse und Praktiken der neuen Technowissenschaften. In meinem Beitrag werde ich aufzuzeigen, wie ontische Dimensionen von Modellorganismen und Technofakten in der Artificial Life-Forschung und Robotik auf je unterschiedliche Weise sichtbar oder unsichtbar gemacht werden – unter anderem auch durch erkenntnistheoretische und ontologische Grundlagen und Forschungsinteressen der jeweiligen Forschungsbereiche.

Die Fokussierung auf Differenzen der ontologischen Politik (Mol 1999) in unterschiedlichen technowissenschaftlichen Praktiken erscheint mir aussichtsreicher als ein entfremdungstheoretischer Ansatz, der von einer ‚natürlichen Natur‘ ausgehend auf Momente der Entkörperung und Dekontextualisierung von Modellorganismen im Labor fokussiert und die Zurichtung der Organismen beklagt, aber konträre Bewegungen in technowissenschaftlichen Praktiken ausblendet. Gerade die Untersuchung der Konstruktion der ontischen Dimension nichtmenschlicher Akteure in unterschiedlichen Forschungspraktiken eröffnet Möglichkeiten, nichtmenschliche Akteure ernst zu nehmen, erlaubt ein genaueres Verständnis des Un/Sichtbarmachens von spezifischen ontischen Dimensionen nichtmenschlicher Akteure und zeigt Wege für kritische Interventionen in unsere Technowissenschaftskultur auf. Sie vermeidet jene bauchrednerischen Erzählpraktiken, die mit der Stimme aus dem Off den nichtmenschlichen Akteuren Eigenschaften verordnen und sie damit einmal mehr zum Verstummen bringen.

Ontologie verstehe ich dabei im Folgenden als jene unumgängliche Annahmen jeglicher Theorie in Bezug auf die Existenz gewisser Konstellationen von Dingen, Entitäten, Systemen, AgentInnen etc. Ontologische Setzungen sind also jene Annahmen, die „normieren, was – im Rahmen einer Theorie – seiende Sachverhalte sind.“ (Ritsert 1996, 160f.).¹ Der Begriff des Ontischen bezeichnet Seiendes bzw. seiende Sachverhalte.

1. Der Modellorganismus als epistemisches Objekt

Neuere Technikforschung und -philosophie beschreibt als zentrale Funktion des Labors die Produktion von epistemischen (Ersatz-)Objekten. Sie ermögliche es der Forschung, von den Objekten der (Freiland-)Natur unabhängig zu werden:²

„Die Technofakten der dritten Natur³ bilden im Kern die Referenzobjekte des Labors; darauf – nicht auf Lebewesen der ersten Natur – richten sich die Aussagen über Ergebnisse von Experimenten oder die Diskurse der Forschungsgemeinschaften. Der Modellierung dient der immense Apparatpark der materiellen Infrastruktur des Labors.“ (Ritsert 1996, 338)

Dieses Verfahren würde durchgeführt, um die Aneignung natürlicher Objekte zu vereinfachen. In den High-Tech-Laboren der Mikrobiologie spitzt sich dies soweit zu, dass die Organismen teilweise selbst zum Mikro-Labor, sozusagen zum Labor im Labor werden.⁴ *Natürliche Entitäten stehen modellhaft für Prozesse ein, die die unterschiedlichsten Lebewesen charakterisieren sowie für Eingriffsmöglichkeiten in diese. Sie haben Stellvertreterfunktion und werden in den technowissenschaftlichen Theorien auf ihren rein epistemologischen Status reduziert. Sie sind Erkenntnismodelle, deren eigener ontischer Status, ihre spezifische Verkörperung, Beschaffenheit und Situiertheit⁵ jenseits ihrer epistemologischen Funktion ausgeblendet werden soll, um so als unbeschriebenes Blatt für die Experimente und Simulationen in den High-Tech-Laboren fungieren zu können. An ihnen werden Eingriffe vorgenommen, die bei anderen Organismen wie z. B. Menschen oder auch anderen großen Säugetieren aus ethischen, methodischen oder ökonomischen Gründen nicht durchgeführt werden können oder sollen.⁶ Beispiel hierfür wäre die transgenische OncoMouseTM, ein gezüchtetes Tiermodellsystem für die Krankheit Brustkrebs, das heute in großem Maßstab kommerziell erzeugt und in der medizinischen Forschung für Versuche vertrieben und benutzt wird. Diese Tiere sind jenseits des Labors nicht überlebensfähig, und ihr ‚natürliches‘ Habitat ist das Labor.⁷*

Die *entscheidende Frage* hier ist nun: Inwieweit gelingt die intendierte Dekontextualisierung dieser Organismen, inwieweit werden sie zu puren epistemischen Objekten?

Die – partiell entfremdungstheoretisch anmutende – These von der Umwandlung natürlicher Entitäten in dekontextualisierte, epistemische

Objekte wurde primär von Technowissenschaftsforscherinnen⁸ im Feld der Biowissenschaften entwickelt. Angesichts der umfassenden Funktionalisierung von Labororganismen und der Patentierung von Lebewesen erscheint dies vermutlich erst einmal intuitiv als einleuchtend, andererseits erinnert sie an das altvertraute Muster innerhalb der Technikphilosophie, welche Technik und Leben, Kultur und Natur diametral gegenüberstellt.⁹ In letzterer finden sich Ansätze, die angesichts aktueller technowissenschaftlicher Entwicklungen das Verschwinden des Realen, des Natürlichen oder des Körpers prognostizieren (vgl. u. a. Baudrillard 1978, Böhme 1992, Virilio 1994).¹⁰ Diese Interpretation setzt implizit – interessanterweise in ähnlicher Weise wie fortschrittsgläubige Ansätze – voraus, dass Natur, Organismen und Körper beliebig verfügbar sind. Sie erscheinen dann als flexibel formbare Objekte aus beliebig zurichtbarer ‚Trägersubstanz‘. Die völlige Dekontextualisierung von Organismen würde voraussetzen, dass in sie beliebige und unterschiedlichste Zwecke eingeschrieben bzw. unterschiedlichste Muster und Strukturen aufgebracht werden können. Mehr oder weniger problemlos scheint man sie von natürlichen, lebendigen Organismen in entkörperte oder eindimensionale Technofakte verwandeln zu können. Interessanterweise würde das implizit auch voraussetzen, dass der umgekehrte Prozess – die Verwandlung von eindimensionalen, entkörpernten Technofakten in Lebendiges – möglich wäre. Eine Vorstellung, die alte Allmachtsphantasien, die man gerade kritisieren möchte, unfreiwillig affirmiert.

Vor diesem Hintergrund ist z. B. auch Nicole Karafyllis skeptisch bezüglich der beliebigen Herstellbarkeit und Modellierung von Organismen als auch hinsichtlich der Modellierung von Lebendigem auf der Basis von Technofakten. Mit Blick auf die Artificial Life-Forschung verweist sie darauf, dass es

„keine *Generatio spontanea* [gibt; JW]. Im Bereich der Modellierung des Lebendigen müssen wir immer mit dem leben, was schon da ist. Dies gilt auch im biotechnisch arbeitenden Labor, in dem Organe, Gewebe, Zellen, Gene von existierenden Lebewesen verarbeitet und verändert werden. Technisches Handeln als Werkzeughandeln mit Lebewesen ist möglich, Herstellungshandeln als Konstruktion des Lebens [...] ist ohne immer schon vorhandene Lebewesen unmöglich.“ (Karafyllis; unveröffentl. Manuskript)

Die andere Option wäre nun, davon auszugehen, dass Organismen (und vielleicht jegliche ontische Entitäten) eine eigene Aktivität besitzen.

Im folgenden möchte ich die ‚ontologische Politik‘ (Mol 1999) in der

neueren Wissenschafts- und Technikforschung skizzieren, die versucht, Optionen für eine symmetrische Behandlung¹¹ von menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren zu entwickeln. Insofern diese Option in alte reduktionistische Muster der Techniktheorie zurückfällt, weil sich hinterrücks eine Präferenz von gewissen menschlichen Akteuren (Wissenschaftler und Ingenieure) und nicht-menschlichen Akteuren (Maschinen) einschleicht, werde ich meine Argumentation an die ‚Trickster‘-Ontologie von Haraway anschließen. Diese hat eine umfassendere Symmetrie zum Ziel, die auch nicht-maschinelle nicht-menschliche Akteure wie z. B. Modellorganismen berücksichtigt. Eine solche Ontologie ermöglicht es, entfremdungstheoretische Interpretationen der Entkörperung von Modellorganismen in Frage zu stellen, ohne dabei Natur *konkrete* ontische Beschaffenheiten zuspochen zu *müssen*. Im Anschluß werden technowissenschaftliche Ansätze und Praktiken der Artificial Life-Forschung und der neueren Robotik bei der Modellierung von künstlichen Systemen verglichen, die radikal bzgl. des Stellenwerts von Situiertheit, materialer Beschaffenheit und Körperlichkeit¹² differieren. Dieser Vergleich soll deutlich machen, dass zum einen die Isolation und Dekontextualisierung von Objekten nicht immer erkenntnisfördernd ist und dies auch zunehmend in den Technowissenschaften selbst thematisiert wird. Zum anderen verweisen die Unterschiede zwischen differenten technowissenschaftlichen Theorien und Praktiken darauf, dass je nach methodologischem Ansatz und technowissenschaftlichen Praktiken ganz unterschiedliche ontische Dimensionen von Modellorganismen bzw. -systemen sichtbar und unsichtbar gemacht werden (können).

2. Eine Rückkehr der Dinge? Zur Ontologie-Debatte in den neueren Science & Technology Studies

Die Frage danach, ob (Modell-)Organismen vollständig dekontextualisiert und auf ihre epistemische Funktion reduziert werden können, ist letztlich eine der ‚ontologischen Politik‘ (Mol 1999). Welche Entitäten gelten einer Theorie als einflußreich, handlungsfähig, als Bedeutung produzierend oder auch eigenaktiv? Was für Evidenzen gibt es im Zuge der Veränderungen unserer Technowissenschaftskultur dafür, dass nicht-menschliche Entitäten auch Akteure sein können?

Die Debatte über die angemessene(n) Ontologie(n) im Zeitalter der Technoscience dominiert seit einiger Zeit die Science & Technology Studies – auch wenn der Begriff der Ontologie hier nur bei einigen Vertretern explizit gemacht wurde.¹³ Doch die Frage der Grenzziehung zwischen verschiedenen ontischen Bereichen und ihre Beschaffenheit ist heftig umstritten in der „postkonstruktivistischen“ bzw. „postsozialen“ Technikforschung (Degele 2002, 126). Aufgrund der radikalen Auflösung der Grenzen zwischen Natur und Kultur, zwischen Organischem und Nicht-Organischem, zwischen Menschlichem und Nicht-Menschlichem in unserer Technowissenschaftskultur ist die Frage nach der Eigenaktivität von nicht-menschlichen Entitäten auch zunehmend in das Zentrum der Theoriebildung gerückt.

Aufgrund einer forcierten Politik der Vermischung bzw. ‚Übersetzung‘ zwischen dem Sozialen, Technischen und Natürlichen wird eine ‚symmetrische Anthropologie‘ (Latour 1995a) bzw. Ontologie attraktiv. Insofern Mischwesen, Hybride aus Natur und Kultur einen wesentlichen Gegenstandsbereich heutiger Techno-Naturen bzw. Techno-Kulturen ausmachen, wird eine allein sozial- oder technikdeterministische Beschreibung von Welt als unzureichend empfunden. Die Hybriden aus Natürlichem, Sozialem und Technischen gelten nun als der Stoff, aus dem die moderne Welt in all ihren Vernetzungen gemacht ist. Der Technikforscher Bruno Latour fordert deshalb eine komplexe(re) Betrachtungsweise unserer Welt, die sich nicht auf die Betrachtung einzelner (sozialer oder technischer) Phänomene beschränkt.¹⁴

Die Modellorganismen des Labors sind klassische Vertreter des Bereichs des Hybriden und Vermischten. So gilt die erwähnte transgenische OncoMouse™ als Cyborg, als eine Zusammensetzung „aus dem Organischen, Technischen, Mythischen, Textuellen und Politischen“ (Haraway, 1995b, 116), insofern sie zugleich Tiermodellsystem und epistemisches Objekt, eine käufliches wissenschaftliches Instrument und das erste patentierte Tier der Welt, eine Waffe (gegen den Krebs), aber auch ein selbstbewegtes (!) und lebendiges Tier ist. Aufgrund seiner chimärischen Existenz bewegt sich dieses hybride Wesen fließend zwischen Metapher und materialem Fakt – gewissermaßen im „Reich der Untoten“ (Haraway 1995a, 113).

Angesichts der zunehmenden Bedeutung von soziotechnischen Systemen in denen immer unklarer ist, wer Effekte zeitigt und Bedeutungen produziert (und wer nicht) sowie der ubiquitären Vermischung von Natur-

lichem und Künstlichen und der Auflösung der Grenzen der traditionellen ontischen Bereiche werden alte Subjekt-Objekt-Verhältnisse und die hierarchische Unterscheidung von erster, zweiter und dritter Natur in Frage gestellt:

„The subject-object-dichotomy distributed activity and passivity in such a way that whatever was taken by one was lost to the other. If Pasteur makes up the microbes, that is, invents them, then the microbes are passive. If the microbes ‚lead Pasteur in his thinking‘ then it is he who is the passive observer of their activity. We have begun to understand, however, that the pair human-nonhuman does not involve a tug-of-war between two opposite forces. On the contrary, the more activity there is from one, the more activity there is from the other. ... The subject-object-dichotomy had another disadvantage. Not only was it a zero-sum game, but there were, by necessity, only two ontological species: nature and mind (or society).“ (Latour 1999, 147)

Konsequenterweise sind in den postkonstruktivistischen Ansätzen der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT)¹⁵ die handelnden und Bedeutung produzierenden Akteure nicht mehr primär der Mensch und / oder die Natur, sondern man möchte alle Entitäten dynamisieren. Menschliche und nicht-menschliche Entitäten werden als Akteure und Aktanten¹⁶ interpretiert, die in einem „Quasi-Universal“ (Latour 1997, 45) namens Netz bzw. Kollektiv operieren. Bei der Konstitution der vielschichtigen Netzwerke¹⁷ bzw. bei dem, was Latour ‚Kollektiv‘¹⁸ nennt und alle ontologischen Bereiche durchziehen bzw. umfassen soll, sind klassisch soziale Akteure genauso mit von der Partie wie natürliche, kulturelle oder diskursive. Natur, Diskurs und Gesellschaft sollen gleichermaßen berücksichtigt werden, wobei sich diese ontologischen Bereiche gleichzeitig kaum (noch) voneinander trennen lassen.¹⁹ Gemäß der symmetrischen Anthropologie gibt es nicht-menschliche wie menschliche, technische wie soziale Akteure – und vor allem aber hybride, organisch-technische Akteure.

Nimmt man die Postulate der postkonstruktivistischen Technikforschung ernst, wären die Modellorganismen nicht nur als tabula rasa für und Produkt der technowissenschaftlichen Praktiken vorzustellen, sondern es wäre von einem eigenen Anteil der Entitäten an den Experimenten, den Forschungsergebnissen und der Herstellung von Bedeutung auszugehen, insofern sie auch Akteure im Netzwerk sind. Und so schreibt dann auch Latour mit Bezug auf die Mikrobe Louis Pasteurs:

„Wenn sie keine Wesenheit ist, diese Mikrobe, wie wäre sie dann zu definieren? Nun, als *die vorläufige Form* der Netze, welche die Definition sämtlicher

Akteure, die an der Komposition der Mikrobe beteiligt sind, punktuell oder dauerhaft – je nachdem – abwandeln können. Hat Pasteur die Mikroben entdeckt? Aber nein, er hat sie geformt. Was? Er hätte sie [...] erfunden? Aber nein, denn die Mikroben haben ja ihn geformt, [...] Wie? Es sollte sich um eine Koproduktion, eine Komposition handeln? Nein, es handelt sich um viel mehr, da die Akteure, die in Beziehung treten, nicht dieselben sind wie jene, die Sie vorher isolieren würden, um sie in Beziehung treten zu lassen. Es gibt keine endliche Liste von Faktoren zur Erklärung der Geschichte, weder der Wissenschaftsgeschichte noch der Geschichte überhaupt. Lassen wir das Wesen des Konservatismus und das Wesen der Mikrobe. Lassen wir die Vernunft. Halten wir uns nur an die Netze.“ (Latour 1995b, 787)

Offensichtlich gibt es im Netzwerk die unterschiedlichsten Akteure. Allerdings bleibt in diesem Ansatz unklar, wie entschieden wird, wer oder was als Akteur gilt, wessen Position im Netzwerk von Bedeutung ist, wer Macht hat – und wer nicht. In den konkreten Einzelanalysen der postkonstruktivistischen Technikforschung findet die Produktion von kultureller Intelligibilität bzw. von Nicht-Intelligibilität statt, die jedoch – gegen die eigenen epistemologischen Forderungen – kaum reflektiert und hinsichtlich der Bestimmung von Akteuren und ihrer Aktivität und Passivität diskutiert wird, insofern die Bestimmung der Akteure in einem eher naiv realistischen Gestus als evident bzw. als beobachtbar betrachtet wird.²⁰ Und so kritisiert Donna Haraway zu recht, dass im Mainstream der Science & Technology Studies doch eine recht einseitige Konzentration auf menschliche und maschinelle Akteure stattfindet, „die in einem sehr engen zeitlichen und räumlichen Rahmen betrachtet werden.“ (Haraway 1995a, 188f., Fußn. 14) Auch wenn viele postkonstruktivistische Ansätze der Science & Technology Studies auf einer theoretischen Ebene Kultur, Natur und Diskurs als unverzichtbare und vor allem *symmetrisch beteiligte* und niemals rein vorkommende Bestandteile des Kollektivs konzeptionieren, aus denen sich Aktanten und Akteure rekrutieren, so lässt sich doch bei genauerem Hinsehen auf die einzelnen Analysen eine Schiefelage zugunsten der menschlichen und maschinellen Akteure feststellen:

„Latour und andere bedeutende Gelehrte der Science Studies arbeiten mit einem zu armen Begriff von ‚Kollektiv‘. Zwar widerstreben sie richtigerweise einer sozialen Erklärung ‚technischer‘ Praxis, indem sie die binäre Beziehung aufsprengen [von Sozialem und Technischen, J. W.], hinterrücks aber führen sie sie wieder ein, indem sie nur einen der beiden Terme – das Technische – anbeten.“ (Haraway 1995a, 190, Fußn. 14)

Hinterrücks werden dann vor allem wieder Wissenschaftler und Maschinen die zentralen Figuren bei der Konstitution des Kollektivs. Diese übergroße Aufmerksamkeit für das Technische lässt sich aktuell unter anderem schön am großen Interesse für die *Handlungsfähigkeit von Maschinen* in der deutschsprachigen Wissenschafts- und Techniksoziologie ablesen. Diese Debatten werden – meines Wissens nach – nicht von Debatten bzgl. der Handlungsfähigkeit von (Modell-)Organismen und anderen Lebewesen begleitet.²¹ Autonome Maschinen aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien bzw. der Künstlichen Intelligenz werden als sozial mehr oder weniger handlungsfäh eingeschätzt. Im Kontext der Aktivität von nicht-menschlichen Akteuren scheint mir dies primärer Fokus der Techniksoziologie bzw. -forschung zu sein,²² während sich die Debatten um die Entmaterialisierung, Dekontextualisierung und mangelnde Situierung von Lebewesen eher im Kontext der Lebenswissenschaften und Biotechnologien abspielen.

Die einseitige Fokussierung auf die Handlungsfähigkeit maschineller Akteure und damit des Technischen führt wiederum dazu, dass das Soziale – im Sinne von struktureller Ungleichheit, welche in soziotechnische Systeme ein- und ausgebaut wird – unsichtbar gemacht wird. Die Verdinglichung des Sozialen, wie sie etwa durch den Sozialdeterminismus älterer Ansätze (z. B. Bloors ‚Strong Programm‘) gegeben war, wird nun durch eine Verdinglichung des Technischen abgelöst. Die Techniksoziologin Gesa Lindemann kritisiert am ANT-Ansatz von Bruno Latour und Michel Callon, dass sie nicht wie deklariert, Akteure der Netzwerke ganz offen im Feld ausmachen, sondern dass sie letztlich klassische ‚soziale‘ Akteure präferieren bzw. gegen ihr eigenes Credo andere Akteure kaum in den Blick bekommen: „Latour und Callon gelingt es nämlich nur bis zu einem gewissen Grad, die Grenzen des Sozialen (bzw. den Akteursstatus; J. W.) kontingent zu setzen. Nicht umsonst sind ihr letztgültiger Bezugspunkt, um den Gegenstand ihrer Analyse zu fixieren, die Aktivitäten menschlicher Akteure (scientists and engineers).“ (Lindemann 2002, 63) Wissenschaftler wie Pasteur oder Pouchet, Boyle und Hobbes werden unter der Hand wieder die zentralen Akteure der soziotechnischen Netzwerke, des großen Kollektivs und damit die bevorzugten Objekte der postsozialen Wissenschafts- und Technikforschung – eine Fokussierung wie man sie aus der traditioneller Wissenschaftsforschung und -geschichte schon lange kannte. Neu dazugekommen in der Theoriebildung der ANT sind nun technische Artefakte und

Maschinen – vom Schlüssel, Türöffner, der Schusswaffe bis zu Aufzeichnungsapparaturen und zu autonomen Robotern, die ANT zufolge selbst handeln bzw. Handlungen erzwingen, ermöglichen und ausrichten. Die Rückkehr der Dinge bzw. die größere Aufmerksamkeit für das Nicht-Menschliche, die ANT gefordert hatte, fällt damit recht einseitig aus. Die Verdinglichung des Technischen wie die Ausblendung der nicht-menschlichen und zugleich nicht-technischen Akteure – nämlich die der Natur – reifiziert letztlich hierarchisch organisierte, dichotome Begriffsordnungen und setzt traditionelle epistemologische Ansätze mit klaren Subjekt-Objekt-Trennungen unter der Hand fort.²³

Der Mainstream von ANT hilft insofern bei der Frage nach der Rolle der nicht-menschlichen, nicht (rein) technischen Akteure wie Tiere, Pflanzen, aber eben auch Mäuse der Familie OncoMouse™ in soziotechnischen Systemen nicht weiter.

„Wir brauchen eine Methode, politisch beurteilen zu können, wie die Herstellung von kultureller Nicht-Intelligibilität unterschiedlich mobilisiert wird, um das politische Feld zu regulieren – wer wird also als ein ‚Subjekt‘ gelten und wem wird abverlangt werden, nicht als ‚Subjekt‘ zu gelten?“
Judith Butler

3. Eine Rückkehr der Lebewesen: Zur kulturellen Intelligibilität von nicht-maschinellen & nichtmenschlichen Akteuren

Donna Haraway ist dagegen eine der wenigen postkonstruktivistischen Technikforscher, die ganz offensiv eine andere ‚ontologische Politik‘ (Mol 1999) unterstützt. Sie geht von der Aktivität und Bedeutungsproduktion nichtmenschlicher, nicht-maschinellen Akteure aus: „The corporatization of biology could not have happened if mice and molecules did not cooperate too, and so they and their kind were actively solicited to enter new configurations of biological knowledge.“ (Haraway 1997, 96). Mit ihrem radikalen Statement nimmt sie die These von der Eigenaktivität nicht-menschlicher Akteure beim Wort und gesteht dabei konsequenterweise auch Tieren, Pflanzen, und Cyborgs inklusive Modellorganismen

kulturelle Intelligibilität – und d. h. hier Eigenaktivität und Bedeutungsproduktion – zu. Trotz aller erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten (inklusive des Animismus²⁴), die auch wieder nur die Repräsentation nicht-menschlicher Akteure durch menschliche vollzieht und damit die Asymmetrien der Repräsentation reifiziert, beharrt sie auf der ‚aktiven Qualität‘ nichtmenschlicher Organismen:

„Ich bestehe darauf, daß sowohl die Menschenwesen, [...] wie auch die ganze nicht-menschliche Natur als lebendig, einflußreich, handlungsfähig, als Akteure und Aktoren – kurz: als Feder- und Regieführende im Spiel der Erkenntnisproduktion – angesehen werden müssen“ (Haraway 1995e, 144).

Wichtig ist hier die Formulierung: ‚angesehen werden müssen‘. Haraway behauptet, dass es konstruktiv ist, von der Eigenaktivität der Natur auszugehen. Dies würde adäquatere Konversationen zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren ermöglichen. Mit der Annahme der Eigenaktivität von Natur, die vermutlich von Autopoiesistheorien oder der Theorie dynamischer Systeme inspiriert ist,²⁵ anthropomorphisiert sie nicht Natur, sondern formuliert Bedingungen, unter denen unter Umständen „more fruitfully (...) livable politics and ontologies in current life worlds“ (Haraway 2004, 4) möglich werden könnten. Sie setzt auf die Anerkennung der „significant otherness“ (Haraway 2004) der nicht-menschlichen Akteure, die eindeutige Zuschreibungen vermeidet und „emergent ontologies“ (Verran, zit nach Haraway 2004, 7) befördern soll und damit eine weniger hierarchisch und von Projektionen bestimmte Form der Konversation zwischen differenten Akteuren.

Sie arbeitet mit dem Bild einer artefakt(ualist)ischen²⁶ Natur, die als Trickster symbolisiert wird, etwa als der Coyote aus der Hopi-Mythologie,²⁷ der ein eigenwilliger und sich permanent wandelnder Agent ist, der sich nicht eindeutig als gut oder böse identifizieren lässt und der immer wieder interveniert.

„Sie [die Tiere; J. W.] bewohnen weder die Natur (als Objekt), noch die Kultur (als Ersatzmenschen), sondern einen Ort namens Anderswo. [...] Doch gibt es in der Coyote-Welt von nicht-maschinellen nichtmenschlichen Wesen mehr als nur Tiere. Der Bereich von maschinellen und nicht-maschinellen nichtmenschlichen Wesen [...] schließt sich den Menschen beim Erbauen des artefaktischen Kollektivs namens Natur an. Keiner dieser Aktanten kann einfach als Ressource/Grund/Matrix/Objekt/Material/Instrument/gefrorene Arbeit betrachtet werden, sie sind *beunruhigender* als das.“ (Haraway 1995a; Hervorhebung J. W.)

Gemeinsam bauen bzw. ko-konstruieren menschliche und nicht-menschliche Akteure ihr Kollektiv, kooperieren, handeln Grenzen aus und machen Politik.²⁸ Sieht man sich Donna Haraways Arbeiten zu den Biotechnologien, zur Immunbiologie oder zur Primatenforschung genauer an, wird deutlich, dass sie nicht nur auf der theoretischen Ebene die nichtmenschlichen Lebewesen zu zentralen Akteuren des Kollektivs erklärt – wie das auch im Mainstream der Technikforschung geschieht –, sondern dass die Aktivität und Bedeutungsproduktion der nicht-maschinellen, nicht-menschlichen Akteure auch in ihren Analysen Raum bekommen.

Wenn auch diese Form der ontologischen Politik erst einmal vielversprechend erscheint, bleibt doch unklar, wie das jeweilige Verhältnis von menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren konkret zu denken sei. Haben alle Akteure und Agenten die gleichen Möglichkeiten der Bedeutungsproduktion und das gleiche Potential an Eigenaktivität? Manchmal erscheinen menschliche und nicht-menschliche Akteurinnen bzw. Aktanten in ihren Analysen als ebenbürtig. Dezidierte Aussagen hierzu macht Haraway allerdings nicht. Auch wenn sich die ontologischen Bereiche von Diskurs, Kultur und Natur nicht (mehr?) rein bestimmen lassen, bleibt dennoch die Frage, ob wir es hier mit einer gleichberechtigten Beziehung jeweiliger Akteure untereinander zu tun haben – die Begriffe der Kooperation und Ko-Konstruktion scheinen das nahe zu legen.²⁹

Andererseits ermöglicht ihr Ansatz, entfremdungstheoretische Interpretationen von der Entkörperung der Modellorganismen (und anderer Entitäten) kritisch zu hinterfragen – ohne dabei Natur *konkrete* ontische Beschaffenheiten zuschreiben zu müssen. Um Natur anders denken zu können, denn als passive Materie und tabula rasa, in die Beliebiges einzuschreiben ist, geht sie von einem Naturbegriff aus, der keine Differenzen zwischen erster, zweiter oder dritter Natur setzt, sondern allgemein nichtmenschlichen nicht-maschinellen Akteuren Bedeutungsproduktion und Eigenaktivität zugesteht. Sie möchte die ontischen Eigenschaften der nichtmenschlichen Akteure möglichst weitgehend offen lassen und damit hierarchische Effekte der Repräsentation – sprich Bauchrednerei – vermeiden, die entstehen, wenn menschliche Agenten einmal mehr für die nichtmenschlichen sprechen. Haraway zieht es vor, anzunehmen, dass eine – wenn auch schwierige – Konversation zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren möglich ist.³⁰ In neuerer Zeit hat sie versucht, dies am Beispiel der komplizierten (und spezifischen) Bezie-

hung („companionship“) von Mensch und Hund zu explizieren. Eine nicht reifizierende Beziehung basiert ihrer Meinung nach dabei nicht auf Anthropomorphisierung und Zuschreibung, sondern auf „emergent practices; i.e. in vulnerable, on-the-ground work that cobbles together non-harmonious agencies and ways of living that are accountable both to their disparate inherited histories and to their barely possible but absolutely necessary joint futures. For me, that is what significant otherness signifies.“ (Haraway 2004, 7) Diese Konversation ist als offenes Feld, als immer wieder neu zu unternehmendes Unterfangen nach dem Prinzip von trial & error konzipiert, das nicht nur für unser Verhältnis mit Tieren, sondern ganz allgemein für unser Verhältnis zur Welt gilt. Wissen im emphatischen Sinne versteht Haraway als eine suchende Bewegung, die von „inevitable comic and tragic mistakes“ (Haraway 2004, 35) durchzogen ist – egal, ob der oder das Andere tierisch, menschlich oder unbelebt ist.

Damit widerspricht sie Interpretationen, die transgenische Lebewesen allein als epistemische Modelle ohne eigene ontische Eigenschaften interpretieren. Diese Interpretationen wiederholen nur den alten Schöpfungsmythos und das Produktionsparadigma neuzeitlichen Denkens, denn:

„Es ist der leere Raum, die Unentscheidbarkeit, die Gerissenheit anderer Akteure, die ‚Negativität‘, die mich auf die *Wirklichkeit* und damit die letztliche *Nicht-Repräsentierbarkeit* der sozialen Natur vertrauen läßt und mich gegenüber Doktrinen der Repräsentation und Objektivität mißtrauisch macht.“ (Haraway 1995a, 48)

Dagegen setzt Haraway ihre Trickster-Ontologie, welche – ähnlich gewissen Motiven Kritischer Theorie – dem Bilderverbot verpflichtet ist. Zugleich bestimmt sie nichtmenschliche Akteure als unberechenbar und letztlich unrepräsentierbar. Allerdings gelingt es ihr nicht immer diese Leerstelle auch wirklich offen zu halten. Die intendierte Negativität der artefaktischen Natur, die die Figur des Tricksters markiert, wird oft partiell durch die positive Zuschreibung von Eigenschaften wie List, Humor und Widerborstigkeit, die der Coyote in der Mythologie auch traditionell aufweist, unterwandert. Einerseits wird so die Eigenaktivität von (Modell-)Organismen denkbar, andererseits stellt sich die Frage, ob hier nicht hinterrücks eine ‚positive‘ Ontologie eingeführt wird bzw. eine Anthropomorphisierung stattfindet, die Haraway gerade vermeiden wollte. Die Negativität wird nun doch wieder mit Eigenschaften gefüllt.

Eine andere Frage ist, ob und inwieweit diese radikal symmetrische

Ontologie nicht auch den Blick auf verdinglichende Praktiken der Technowissenschaften verstellt. Inwieweit kann sie vor dem Hintergrund der Eigenaktivität noch die Reduktion von menschlichen und nichtmenschlichen Lebewesen auf ihren Objektstatus in technowissenschaftlichen Praktiken thematisieren? Oder sind diese allein aufgrund der (Annahme ihrer) Eigenaktivität geschützt? Inwieweit werden sie sogar wiederum für diese Praktiken verantwortlich gemacht, insofern unterstellt wird, dass sie an ihnen aktiv partizipieren? Und was bedeutet in diesem Kontext die ontologische Nivellierung von Maschinen und Organismen, die gleichermaßen Akteure im Netzwerk werden?

Die Frage des Verhältnisses der menschlichen, maschinellen und nicht-menschlichen nicht-maschinellen Akteure kann ich hier nicht abschließend klären, aber ich möchte im folgenden eine situierte Ontologie entwickeln, um einen neuen, nicht-entfremdungstheoretischen Blick auf die technowissenschaftliche Produktion von Modellorganismen, Hybriden und Technofakten zu gewinnen. ‚Situierter Ontologie‘ heißt hier, dass angesichts der Einsicht, dass jegliche Theorie ontologische Politik betreibt und Grundannahmen über die Verfaßtheit von Welt, Materialität, Natur etc. macht, offensiv mit den eigenen ontologischen Setzungen umgegangen wird.³¹ Insofern greife ich Haraways Annahme der Eigenaktivität und damit die von der Unmöglichkeit radikaler Entmaterialisierung und Dekontextualisierung von nichtmenschlichen nicht-maschinellen Akteuren auf, um auf dieser Grundlage die Un/Sichtbarmachung von Modellorganismen und Technofakten in differenter technowissenschaftlichen Praktiken zu verfolgen.

4. Rekonstruktion der Kritik der Entmaterialisierung: Die informationstheoretisch interpretierten Organismen der Artificial Life-Forschung

Die Artificial Life-Forschung wurde immer wieder für ihre Abstraktionsverfahren, ihre dekontextualisierenden und entmaterialisierenden Praktiken von der Technikforschung kritisiert.³² Im Folgenden möchte ich eine kurze Zusammenfassung dieser Kritik geben, um eine Grundlage zu schaffen für einen Vergleich mit neueren technowissenschaftlichen Praktiken in der Robotik, die zwar partiell an die Artificial Life-Forschung anschließen, aber eine radikale Wendung zu Verkörperung

(Embodiment), Materialisierung und Situierung³³ vollziehen und damit eine Ontologie praktiziert, die die zuvor ausgeblendeten Dimensionen sichtbar macht.

Die Artificial Life-Forschung (AL) ist eine Hybridwissenschaft an der Schnittstelle von Informatik, Künstlicher Intelligenz, Biologie, Kognitionswissenschaften, Mathematik, Physik und Neurophysiologie. Sie möchte mehr oder weniger abstrakt formulierte Prinzipien des Lebens ausarbeiten und diese von kohlenstoffbasierten Organismen auf siliziumbasierte übertragen. Diese Idee gründet zum einem im Konstruktionsprinzip transklassischer Maschinen, die auf der Trennung von Software und Hardware, Programm und Bauplan basiert und deren formale Struktur die Umsetzung der unterschiedlichsten Algorithmen erlaubt. So schreibt Christopher Langton, Mitbegründer der Artificial Life-Forschung: „Since we know 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, 55; Hervorhebung J. W.).

Zum anderen basiert diese Forschung auf der informationstheoretischen Beschreibung von Organismen und biologischen Prozessen, die auch die Übertragbarkeit von Prinzipien aus dem Reich der Biologie in die Künstliche Intelligenz bzw. AL-Forschung ermöglichen soll. Dabei wird primär der dematerialisierende Informationsbegriff von Shannon und Weaver verwendet, der als unabhängig von der materialen Grundlage und damit als kontext- und bedeutungsfrei definiert wird: „Shannon’s theory defines information as a probability function with no dimensions, no materiality, and no necessary connection with meaning. It is a pattern, not a presence“. (Hayles 1999, 18) Die Trennung von Information und Materialität sichert die Universalität und Übertragbarkeit von Information zwischen unterschiedlichsten Medien bzw. Agenten.

Ähnlich wie bei der Konstruktion transgenerischer Modellorganismen, die als rein epistemische Objekte fungieren sollen, lässt sich hier ein Trend ausmachen, materiale Eigenschaften auszublenden – sei es im Labor oder eben im Computer. Wichtige Bausteine für die informationstheoretische Neudefinition von Leben sind – natürlich neben der Informationstheorie – auch die Theorie dynamischer Systeme und die Selbstorganisations-theorie. Letztere wird dann in der AL-Forschung als Argument für die Präponderanz der Form vor der Materie genutzt:

„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)

Der Fokus des Interesses liegt auf formalen bzw. formalisier- und mathematisierbaren Strukturen, die Organismen wie Artefakte durchziehen (sollen). Diese lassen sich gut im Computer simulieren und störende, nicht-informationstheoretische Eigenschaften sollen ausgeblendet werden. Zielpunkt dieser Forschung formuliert Christopher Langton folgendermaßen:

„Das endgültige Ziel beim Experimentieren mit Künstlichem Leben wäre es, ‚Leben‘ in einem anderen Medium zu erschaffen, idealerweise in einem virtuellen Medium, wo das Wesentliche des Lebens von den Details seiner Erfüllung in irgendeinem Modell abstrahiert werden kann. *Wir würden gern Modelle bauen, die so lebensecht sind, daß sie aufhören, Modelle des Lebens zu sein, und statt dessen Beispiele für das Leben selbst werden.*“ (Langton zit. nach Levy 1996, 107; Hervorhebung J. W.)

Deutlicher lässt sich der Wunsch nach Identität von epistemischem Objekt und natürlichem Organismus kaum formulieren. Nachdem die Organismen mit Hilfe von Informations- und Selbstorganisationstheorie auf formale Strukturen reduziert und ontische Aspekte (auf der theoretischen Ebene) ausgeblendet wurden, träumt man davon, die durch sie gewonnen, abstrakten Modelle bzw. synthetischen Modellorganismen zum Leben zu erwecken. In gewisser Weise wird die Kopie zum eigentlichen Original, das niemals existiert hat.

Doch wenn die ontische Beschaffenheit, die Situiertheit und Verkörperung der Technofakte und Modellorganismen anathema wird, heißt dies noch lange nicht, dass sie diese nicht besitzen. Sie werden aufgrund der epistemologischen und ontologischen Grundlagen der Artificial Life-Forschung zum blinden Fleck in ihren Praktiken, die gleichzeitig durchaus materiale Entitäten und Welten ko-konstruieren. Und diese blinden Flecken der Forschung, die durch die jeweilig differenten ontologischen und epistemologischen Setzungen erzeugt werden, die wiederum unterschiedliche ontische Eigenschaften der Entitäten (mehr oder weniger) zum Vorschein bringen, werden interessanterweise zum Thema der technowissenschaftlichen Forschung selbst.

5. Die situierten und verkörperten Modellorganismen der Robotik

Während sich in der Artificial Life-Forschung eher die Tendenz der Dekontextualisierung und Entmaterialisierung verfolgen lässt, entwickelt sich in der Robotik der Achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts ein differenter Ansatz. Dieser schließt zwar durchaus an gewisse Elemente der Artificial Life-Forschung an – wie z. B. an das Interesse für die Biologie –, doch gleichzeitig vollzieht sie eine epistemologische und ontologische Wende. In der neueren verkörperten Robotik wird es zum Programm, *Entitäten so zu konstruieren bzw. evolvieren zu lassen, dass nicht von Verkörperung, materialer Beschaffenheit und Situietheit abstrahiert wird*, da nur so die Konstruktion von intelligenten Systemen plausibel erscheint.

Ein wichtiger Protagonist dieser neuen Richtung ist der Robotiker und heutige Leiter des MIT AI Lab Rodney Brooks. Er schreibt schon 1986 in seinem Arbeitsmemo ‚Achieving Intelligence through Building Robots‘:

„There has been considerable philosophical debate on the possibility of ‚human level‘ artificial intelligence, centred around the notion of that it requires as background the totality of practices which make up the human way of being in the world [Dreyfus 72, 86]. In this note we use a technical rather than a philosophical argument that machines must indeed have a rich background of experience of being if they are to achieve human level intelligence“ (Brooks 1986, 1).

Dass ein Robotiker auf philosophische Debatten in einem wissenschaftlichen Arbeitspapier eingeht – wenn auch nur um sich abzugrenzen –, verwundert auf den ersten Blick. Anlass für die Referenz ist seine Kritik an der traditionellen Künstlichen Intelligenz (KI), die ihm zufolge in einer Sackgasse steckt. Dies sei nicht zuletzt darin begründet, dass die traditionelle KI kein bzw. nicht genug Interesse für den Körper bzw. die physische Realisierung von Intelligenz gezeigt hätte.³⁴ Er plädiert für eine verhaltensbasierte, verkörperte Robotik, da Intelligenz schließlich in der Natur auch nur verkörpert auftreten würde. Rodney Brooks, Luc Steels, Rolf Pfeifer und viele andere jüngere KI-Forscher fordern dementsprechend: „Intelligence must have a body.“ (Pfeifer / Scheier 1999, XII). Es entsteht eine neue Tradition in der KI, die sich als *embodied cognitive science* versteht, aber auch unter Namen firmiert wie ‚Embodied

Robotics‘, ‚Behavior-Based Robotics‘, ‚Situated Robotics‘, ‚Epigenetic Robotics‘ oder ‚Embedded Robotics‘.

Diese neue Richtung der Robotik schließt teilweise an eine theoretische Tradition (in der Biologie, Psychologie, Philosophie und Ethnologie) an, die von der zentralen Bedeutung von Verkörperung und Situiertheit für Erkenntnis bzw. Kognition ausgeht und die innerhalb der Künstlichen Intelligenz-Forschung lange nicht zur Kenntnis genommen wurde – vielleicht auch weil sie zum großen Teil außerhalb der anglo-amerikanischen Tradition steht.³⁵ Man denke an Martin Heidegger, Jakob von Uexküll, Jean Piaget, Merleau-Ponty, Hubert Dreyfus, Lucy Suchman und andere. Mitte der Achtziger Jahre entdeckte nun die jüngere Generation der Robotikerinnen – die partiell auch im Bereich der Artificial Life-Forschung arbeiteten – die Nachteile einer allein symboltheoretisch orientierten KI, die primär in Spielzeugwelten agiert bzw. mit Simulationen arbeitet. „The main point of criticism for all these critics was artificial intelligence’s exclusive information processing perspective.“ (Pfeifer/Scheier 1999, XVIII) Das kognitivistische Paradigma, das Intelligenz vor allem als Informationsverarbeitung interpretierte, den menschlichen Geist mit dem Computer parallelisierte und den Körper komplett ausblendete und sich dementsprechend auf die Manipulation abstrakter Symbole fokussiert hatte, erschien dieser neuen Generation nicht mehr überzeugend. Entscheidend bei der Konstruktion intelligenter Systeme war für sie die Interaktion mit der realen Welt: „living beings have to interact with the real world, whereas the computer metaphor has focused on abstract virtual or computational worlds and *has neglected their relationship to the real world.*“ (Pfeifer / Scheier 1999, 2). Dafür sollten die Roboter verkörpert und situiert sein.

Verkörperung (embodiment) hat in der Robotik eine zweifache Dimension: Zum einen bezeichnet Verkörperung autonome Agenten, die nicht nur simuliert, sondern physisch verkörpert sind und mit der Umwelt interagieren. Die enge Koppelung von System und (realer) Umwelt wird als essentiell betrachtet, um auf lange Sicht intelligente Roboter entwickeln zu können, denn: „The real world is, in a sense, part of the ‚knowledge‘ the agent needs to behave appropriately. It can merely ‚look at it‘ through the sensors. In a sense, the world is its own best model.“ (Pfeifer/Scheier 1999, 73) Damit zusammenhängend bedeutet Embodiment in der Robotik auch, dass eine Interaktion mit anderen physischen Kräften oder auch mit Gefahren stattfindet, dass die Energiefrage gelöst,

eben jede Beeinflussung durch die Umwelt bewältigt werden muß. Hier wird also ein großer Teil jener Mechanismen zur Ausblendung der Verkörperung, der physischen Beschaffenheit des Modellorganismus', seine Reduktion auf abstrakte mathematische Prinzipien zurückgenommen und eher ein Setting des Trial & Errors und des Tinkerings³⁶ entwickelt.

Situiertheit wird in der Robotik als Fähigkeit zur selbständigen Informationsbeschaffung über die aktuelle Umwelt via Sensoren verstanden: „An agent is situated if it can acquire information about the current situation through its sensors in interaction with the environment. A situated agent interacts with the world on its own, without an intervening human“ (Pfeifer / Scheier 1999, 72).

Situiertheit ist für die neuere Robotik ein fast noch wesentliches Merkmal als die Verkörperung, da sie auf eine direkte – möglichst in Echtzeit erfolgende – Interaktion mit der Umwelt abzielt. Hier wird nicht primär auf vorformulierte Prinzipien und formalisierte Strukturen abgehoben, sondern es geht darum, in der Auseinandersetzung mit der Umwelt zu lernen, Wissen aus der Umgebung zu gewinnen und sich an dieser mit den eigenen Mitteln abzarbeiten. Verkörperte Agenten, die mit Plänen ihrer Umwelt ausgestattet sind, die das Verhalten des Agenten wesentlich bestimmen, gelten nicht als situiert.³⁷

Offensichtlich haben wir es hier mit einer *gegenläufigen Bewegung* zur Konstruktion von Modellorganismen à la OncoMouseTM zu tun: Auch in der neueren Robotik werden Hybride bzw. Technofakte konstruiert, um die Natur zu verstehen bzw. besser manipulieren zu können, aber dies soll gerade nicht durch Komplexitätsreduktion, durch den Rückzug ins Labor und die Produktion von Technofakten der dritten Natur bewerkstelligt werden: Brooks kritisiert dementsprechend in seinem Arbeitsmemo Abstraktion als eine „gefährliche Waffe“ (Brooks 1986, 2).

Nachdem die Mathematisierung und Formalisierung in der traditionellen KI nicht zu den erhofften Erfolgen geführt hat, werden die klassischen Wege der Abstraktion, des analytischen Verfahrens in Frage gestellt: In das Zentrum der Aufmerksamkeit rücken nun die *Situiertheit* der Artefakte, die strukturelle Kopplung von System und Umwelt und die Berücksichtigung ihrer physischen Beschaffenheit (embodiment).

Die Dekontextualisierung, die Ausblendung der Materialität und die Distanzierung von Natur wird als Schwachstelle bzw. blinder Fleck der traditionellen Künstlichen Intelligenz-Forschung benannt.

Ein Interesse für die Situiertheit von Entitäten, ihre historische Dimen-

sion und ihre physische Beschaffenheit findet sich interessanterweise spätestens seit den Neunziger Jahren auch in anderen Bereichen. So entdeckt die Kognitionswissenschaft die enge Kopplung von Geist und Emotion³⁸ und die Gehirnforschung setzt sich mit der Plastizität des Gehirns, seiner Veränderbarkeit in der Zeit auseinander.³⁹

In der Robotik ist das Interesse für die intrinsischen Eigenschaften des Materials, die ontische Beschaffenheit der Artefakte, ihre zeitliche⁴⁰ und räumliche Situiertheit nicht zu übersehen. Man könnte fast von einem holistischen Ansatz sprechen:

„Rather than focusing on the neural substrate only, the focus is now on the complete organism which includes morphology (shape, distribution and physical characteristics of sensors and actuators, limbs, etc.) and materials. One of the surprising consequences is that often, problems that seem very hard if viewed from a purely computational perspective, turn out to be easy if the embodiment and the interaction with the environment are appropriately taken into account.“ (Pfeifer 2001, 297)

Materialität wird offensichtlich nicht mehr als Leerstelle und *tabula rasa* interpretiert, die es jeweils beliebig zu formen gilt, sondern erhält eine eigene Dignität. Hier scheint sich eine Komplexitätssteigerung⁴¹ – zumindest auf der theoretischen Ebene – bezüglich der Modellierung von Technologiefakten abzuspielen, insofern eine Betonung der ontischen Dimension von Modellorganismen und Artefakten stattfindet. *Der Rückzug in das Labor oder in die Simulation – für die Produktion pflegeleichterer ‚Technofakte der dritten Natur‘ – wird für die eigene Forschung als unproduktiv kritisiert.*

Sicherlich sind viele konkrete Modellierungen – z. B. von Körperlichkeit bzw. Embodiment⁴² in der neueren Robotik oft weiterhin reduktionistisch. Dennoch sind in diesem Kontext die Einsicht der neueren Robotik entscheidend, ontische Dimensionen von Organismen zu berücksichtigen, um dadurch bessere künstliche intelligente Systeme konstruieren zu können.

Ein konkretes Beispiel hierfür ist der ‚Passive Dynamic Walker‘ wie er an verschiedenen Instituten entwickelt wird, unter anderem an der Cornell Universität, am Artificial Intelligence Laboratory der Universität Zürich oder an der Delfter Universität. Der Leiter des AI Lab in Zürich, Rolf Pfeifer, beschreibt dieses Artefakt folgendermaßen:

„A passive dynamic walker is a robot capable of walking down an incline without control, i. e. without actuation (Figure 1). *This requires that the dynamics*

(the physical characteristics) be carefully taken into account. The strategy behind the passive dynamic walker – a bottom-up strategy – is that once the robot can walk down an incline, little control is required to make it walk on a flat surface and once this ability is in place it is again easy to add control to make it go over obstacles. The passive dynamic walker is an example of ‚cheap design‘, meaning that it exploits the physics and the system-environment interaction which makes it cheap and parsimonious ...“ (Pfeifer 2000, 2 f., Hervorhebung J. W.).

Durch Beobachtung, Bezug auf die Erkenntnisse der Verhaltensforschung und einem geduldrigen Tinkering – dem Herumprobieren mit verschiedenen Materialien und Konfigurationen von Teilen – werden biomimetische Roboter entwickelt. „(D)ie Morphologie der Roboterkörper und ihrer Bewegungsmöglichkeiten ist an biologischen Vorbildern wie Heuschrecken, Ameisen und Schlangen orientiert“ (Christaller et al. 2002, 74) – oder eben auch an denen des Menschen, wenn es um die Konstruktion humanoider biomimetischer Roboter geht.⁴³

Wie umfassend dieser Blick auf die Natur, auf die ontische Beschaffenheit der jeweiligen Vorbilder ist, wie weit er geht und inwieweit er nur als Inspirationsquelle für hybride Lösungen dient, ist sehr unterschiedlich. Während es manchmal bei der Rhetorik verbleibt, insofern mit einer dekontextualisierten und quantifizierten Version von Verkörperung gearbeitet wird, wie z. B. bei Quick und Dautenhahn (1999), finden sich auf der anderen Seite gerade auch in der Forschung von Pfeifer und seinen Kolleginnen viele Beispiele für die Aufmerksamkeit für Materialität, Historizität und Situiertheit. Auch wenn also die Umsetzung unterschiedlich gut gelingt, so wird doch deutlich, *dass in der neueren Robotik ein umfassender Rückgriff auf spezifisch ontische Dimensionen von Organismen und Artefakten stattfindet, die in der Artificial Life-Forschung ausgeblendet worden waren, um sie nun in den eigenen Forschungsprojekte nutzbar zu machen.*

„How to ‚figure‘ actions and entities nonanthropomorphically and nonreductively is a fundamental theoretical, moral, and political problem.“ *Donna Haraway*

6. Mannigfaltige Techno-Naturen

Man erinnere sich: Auf einer theoretischen Ebene hatte ich im Anschluss an Haraways Trickster-Ontologie für die Option einer Eigenaktivität von Organismen, Cyborgs und Artefakten argumentiert. Letzteren wird Aktivität und Bedeutungsproduktion zugesprochen, wobei es wesentlich ist, dass im Rahmen dieser situierten Ontologie Akteure nicht wieder – wie in den konkreten Analysen des Mainstreams der postsozialen Technikforschung – auf Maschinen und Wissenschaftler reduziert werden.

Der Verweis auf die Komplexitätsreduktion in der Artificial Life-Forschung und konträr hierzu das neue Interesse an ontischen Dimensionen von Organismen und Artefakten in der jüngeren Robotik sollte verdeutlichen, dass je nach technowissenschaftlichen Diskursen und Praktiken ganz unterschiedliche Techno-Naturen mit differenten ontischen Dimensionen – sei es eine informationstheoretische, eine materiale oder auch historische – sichtbar und unsichtbar werden.

In bestimmten Praktiken der Biowissenschaften oder auch in der Artificial Life-Forschung dominieren Formalisierungs- und Mathematisierungsprozesse, und eine *Ausblendung* ontischer Eigenschaften von Organismen ist zu beobachten. Diese Eigenschaften werden aber nicht eliminiert, wie es viele Ansätze aktueller Technikforschung und -philosophie nahe legen. Im Rahmen einer situierten Ontologie ist davon auszugehen, dass durch technowissenschaftliche Diskurse und Praktiken ontische Dimensionen von Entitäten genauso unsichtbar wie sichtbar (gemacht) werden. Im Bereich der neueren Robotik ist genau zweiteres gut zu beobachten. Vor diesem Hintergrund ist die These von zunehmender Produktion entkörperter, epistemischer Objekte im Labor, die die Organismen der ersten und zweiten Natur völlig substituieren, fragwürdig geworden.

Genauer zu untersuchen wäre, welche theoretische Setzungen als auch Praktiken in den Technowissenschaften wiederum welche spezifischen ontischen Dimensionen der Organismen und Artefakte in den Vordergrund rücken. Lassen sich diese überhaupt vollständig ausblenden oder

gälte es nicht, diese Prozesse genauer zu untersuchen mit Blick auf die Wirkmächtigkeit und Bedeutungsproduktion der nichtmenschlichen Akteure? Eine weitere Frage wäre, in welchen Kontexten welche spezifischen ontischen Eigenschaften von Entitäten interessieren und warum.

Vielleicht würde die Untersuchung dieser Fragen auch weiterführen bezüglich des Problems der asymmetrischen Repräsentation von menschlichen und nichtmenschlichen Akteuren und ihrer Eigenaktivität sowie des Problems der ontologischen Nivellierung von Organismen und Maschinen.

Die genauere Analyse der Sichtbarmachung oder Unsichtbarmachung der ontischen Dimensionen von Entitäten könnte kritische Interventionsmöglichkeiten eröffnen in Richtung auf eine umfassendere und vielstimmigere Ko-Konstruktion von Welt. Sie zeigt, wie sehr die technowissenschaftlichen Diskurse und Praktiken bestimmte ontologische Dimensionen von Artefakten und Organismen zum Vorschein bringen und andere eliminieren. Dies aber ist eine zentrale Voraussetzung für eine konstruktive Technikgestaltung, die sich ihrer Intervention und Konstruktionsleistung bewusst ist und einem Technikdeterminismus abschwört. Die Konstruktion von technischen bzw. nicht-menschlichen Systemen wird dann als Ko-Konstruktion diverser Akteure verstanden, wobei die Eigenaktivität der nicht-menschlichen nicht-maschinellen Akteure eben mehr oder weniger Aufmerksamkeit bekommen kann. Dabei muß sich zeigen, inwiefern ein solcher Ansatz die noch radikalere Instrumentalisierung von nicht-menschlichen Akteuren ermöglicht oder ob er primär die Eigenaktivität der nicht-menschlichen Akteure zum Vorschein bringt.

Voraussetzung für derartige Untersuchungen ist eine situierte Ontologie, die mit einer Setzung arbeitet – nämlich der Eigenaktivität und Bedeutungsproduktion aller Akteure und Aktanten –, ohne vorab eine völlige Symmetrie der Akteure zu unterstellen, sondern die es sich zur Aufgabe macht, dieses Verhältnis im je spezifischen Kontext zu analysieren. Die Reinheit oder auch nur Trennbarkeit der ontischen Bereiche gilt es dabei allerdings zu hinterfragen. Eine situierte Ontologie wäre auszuarbeiten, die davon ausgeht, dass auch nicht-technische nichtmenschliche Agenten einflussreich sind und Bedeutung produzieren, aber die zugleich negativ operiert, insofern sie auf dem Bilderverbot beharrt und konkrete(re) Zuschreibungen verweigert. So werden nicht schon vorab die spezifischen ontischen Dimensionen der Akteure und Aktanten fest-

gelegt, was einmal mehr in einer Zuschreibung der Beschaffenheit der nicht-menschlichen, aber organischen Akteure und damit in ihrer Reifizierung und der altbekannten Bauchrednerei münden würde.

Widerspruchsfrei lässt sich eine derart situierte Ontologie sicherlich nicht denken.

Für ihre kritischen Kommentare danke ich herzlich Gregor Schiemann, Kristian Köchy und Nicole Karafyllis.

Anmerkungen

- 1 Zur Begriffsklärung von Ontologie vgl. auch Falkenburg 1995, 44–46.
- 2 Vgl. u. a. Knorr-Cetina 1991, Amann 1994, Felt et al. 1995.
- 3 Der Begriff der ersten Natur bezieht sich bei Ritsert – mit Bezug auf Hegel und die Kritische Theorie – auf die (idealtypische) Vorstellung einer un bearbeiteten Natur, während der Begriff der zweiten Natur auf die Verschränkung von Natur und Gesellschaft zielt. Der Begriff der dritten (artifiziiellen) Natur bezeichnet jene Natur, die durch die epistemischen und ontischen Praktiken der neueren (Techno-)Wissenschaften hervorgebracht wurde; vgl. Ritsert 1996, 337–339.
- 4 Vgl. Rheinberger 2000.
- 5 Zum Begriff der Situietheit und Verkörperung im Kontext der Robotik vgl. Abschnitt 5.
- 6 Vgl. Ritsert 1996, Amann 1994.
- 7 Vgl. Haraway 1997.
- 8 In loser Folge wird im Text sowohl das generalisierte Maskulinum wie Femininum gebraucht, um die nicht immer zufrieden stellende Lösung des großen ‚I‘ zu vermeiden. D. h., dass mit Philosophinnen durchaus auch Philosophen gemeint sind, sowie mit Technikforschern durchaus auch Technikforscherinnen.
- 9 Vgl. kritisch hierzu Karafyllis 2003, Schiemann 2000.
- 10 Kritisch hierzu vgl. auch Bauer 2003, Saupe 2003, Karafyllis unveröffentlichtes Manuskript sowie Karafyllis 2003.
- 11 Latour 1995a.
- 12 Zum Konzept des Embodiment und der Situietheit in der neueren Robotik vgl. Abschnitt 5.
- 13 Vgl. Latour 1995a, Mol 1999, Law / Urry 2003, Weber 2003.
- 14 Vgl. hierzu ausführlicher Weber 2003, 83.
- 15 Vgl. u. a. Callon / Latour 1981, Haraway 1985, Law 1986.
- 16 „Der Begriff des Aktanten hat – neben dem des Akteurs – in der literarischen Semiotik den Begriff der Person oder der dramatis persona ersetzt, denn er umfaßt nicht nur Menschen, sondern auch Tiere, Objekte und Konzepte.“ (Latour 1995a, 116; vgl. auch Felt et al. 1995, 121)

- 17 Zur symmetrischen Anthropologie: „Sie erklärt Wahrheiten und Irrtümer mit denselben Begriffen – das ist das erste Symmetrieprinzip; sie studiert gleichzeitig die Produktion von menschlichen und von nicht-menschlichen Wesen – das ist das verallgemeinerte Symmetrieprinzip; und sie nimmt schließlich eine Zwischenposition zwischen traditionellen und neuen Forschungsfeldern ein, weil sie jede vorgängige Festlegung über einen möglichen Unterschied zwischen den Abendländern und den Anderen suspendiert. Sie verliert zwar den Exotismus, aber sie gewinnt neue Felder, auf denen sie das zentrale Dispositiv aller Kollektive, einschließlich der unsrigen, studieren kann. Sie verliert ihr ausschließliches Festhalten an den Kulturen oder den kulturellen Dimensionen; aber sie gewinnt die Naturen, und das ist unbezahlbar.“ (Latour 1995a, 139).
- 18 Vgl. Latour 1995a, 11; Serres 1987, 344 ff.
- 19 Vgl. kritisch hierzu Weber 2003, 79–102.
- 20 Vgl. Weber 2003, 97ff.
- 21 Debatten bzgl. der Handlungsfähigkeit von Tieren, Pflanzen und anderen Organismen (aber nicht oder kaum von Modellorganismen) finden sich dagegen in aktuellen, meist von analytischer Philosophie geprägten Ethik-Debatten – sei es mit Blick auf den Personenstatus im Kontext von kognitionswissenschaftlichen Debatten oder bzgl. des Status von höher entwickelten Säugetieren im Kontext von Naturschutz-Kontroversen.
- 22 Vgl. Hierzu u.a. Malsch 1998, Rammert / Schulz-Schaeffer 2002.
- 23 Um dies zu vermeiden, arbeiten kritische Theoretikerinnen die Bedeutung des Sozialen im Sinne von strukturellen struktureller Ungleichheit in soziotechnischen Systemen heraus. Ein Beispiel wären die Arbeiten von Geoffrey Bowker und Susan Leigh Star zu den oft unsichtbaren Ein- und Ausschlussmechanismen durch Standardisierungen und Normierungen, die u.a. auch bei der Produktion kultureller Intelligibilität arbeiten (Bowker / Star 1999). Ein anderes ist die Arbeit von Gesa Lindemann, die deutlich macht, wie Diskurse und Praktiken in Medizin und Recht den Cyborg Komapatient im Reich der Lebenden oder Un/Toten situieren (vgl. Lindemann 2002) und damit implizit die Grenzen des Sozialen immer wieder neu ziehen.
- 24 Vgl. Haraway 1995d, 100 f.
- 25 Dieser ‚Ursprung‘ der Idee der Eigenaktivität in neuerer Zeit wäre sicher auch eine kritische Untersuchung wert.
- 26 Vgl. Wöllmann 2005, 155–157.
- 27 Die Figur des Tricksters erscheint abwechselnd als Gauner, Flaneur oder auch guter Geist. Charakteristisch für ihn ist, dass er sich jeglichen Zuschreibungen und Benennungen entzieht und sein ‚wahrer‘ Charakter immer im Dunkeln bleibt; vgl. hierzu Haraway 1995d; Phelan 1996.
- 28 Vgl. auch Weber 2003, 266f.
- 29 Ausführlicher vgl. hierzu Weber 1998.
- 30 „Wir müssen, jenseits von Verdinglichung, Besitz, Aneignung und Nostalgie, ein anderes Verhältnis zur Natur finden. Da sie die Fiktion, entweder Subjekte oder Objekte zu sein, nicht mehr aufrechterhalten können, müssen alle, die an den entscheidenden Konversationen teilnehmen, in denen

- Natur konstituiert wird, eine neue Grundlage finden, auf der sie gemeinsam Bedeutungen produzieren.“ (Haraway 1995d, 82).
- 31 Vgl. ausführlicher Weber 2003, 228.
- 32 Adam 1998, Hayles 1999, Kember 2001, Weber 2001.
- 33 Vgl. Abschnitt 5.
- 34 Vgl. kritisch hierzu Brooks 1986; Dautenhahn / Christaller 1997; Pfeifer / Scheier 1999; Christaller et al. 2002.
- 35 Vgl. Chrisley / Ziemke 2002, 1106.
- 36 Vgl. in diesem Abschnitt weiter unten.
- 37 Vgl. Pfeifer / Scheier 1999, 72.
- 38 Vgl. Damasio 1994.
- 39 Vgl. Schmitz 2003.
- 40 „One of the most fundamental problems with such [expert; JW] systems was the lack of grounding. Grounding means that an expert's skills are built on top of a long history of interaction with a physical and social world during which sensory-motor and perceptual skills have evolved.“ (Pfeifer / Scheier 1999, 295).
- 41 Diese Komplexitätssteigerung ist nicht in einem naiv fortschrittlichen Sinne gemeint, sondern bedingt sich zum einen aus der Perspektive der neueren Forschung auf diesen spezifischen Aspekt sowie wie vermutlich auch auf Entwicklungen im materialen Bereich, die dies überhaupt erst ermöglichen.
- 42 Vgl. Weber 2005.
- 43 Vgl. hierzu die Seite des AI Lab, Zürich unter <http://www.ifi.unizh.ch/ailab/projects/biped/> (last access 1/2005).

Literatur

- Alison, Adam, 1998: *Artificial Knowing: Gender and the Thinking Machine*. London / New York: Routledge
- Amann, Klaus, 1994: *Menschen, Mäuse und Fliegen. Eine wissenssoziologische Analyse der Transformation von Organismen in epistemische Objekte*. In: *Zeitschrift für Soziologie*, 23. Jg., Heft 1, S. 22–40
- Baudrillard, Jean, 1978: *Agonie des Realen*. Berlin: Merve
- Bauer, Yvonne, 2003: *Sexualität – Körper – Geschlecht: Befreiungskurse und neue Technologien*. Opladen: Leske & Budrich
- Böhme, Gernot, 1992: *Natürlich Natur: über Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Bowker, Geoffrey C.; Star, Susan Leigh, 1999: *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences*. Cambridge, MA: MIT Press
- Brooks, Rodney, 1986: *Achieving Intelligence through Building Robots*. A.I. Memo 899. In: <http://www.ai.mit.edu/people/brooks/papers/AIM-899.pdf> (last access: 2/2003)

- Callon, Michel; Latour, Bruno, 1981: Unscrewing the Big Leviathans: How Do Actors Macrostructure Reality. In: Knorr, Karin; Cicourel, Aron (Eds.): *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies*. Boston, MA: Routledge & Keagan Paul, S. 277–303
- Chrisley, Ronald; Ziemke, Tom, 2002: Embodiment. *Encyclopedia of Cognitive Science*. London: Macmillan Publishers, S. 1102–1108
- Damasio, Antonio R., 1994: *Descartes' Error : Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: Putnam
- Dautenhahn, Kerstin; Christaller, Thomas, 1997: Remembering, Rehearsal and Empathy – towards a Social and Embodied Cognitive Psychology for Artefacts. In: Ó Nualláin, Seán; Mc Kevitt, Paul; Mac Aogáin, Eoghan (Eds.): *Two Sciences of Mind: Readings in Cognitive Science and Consciousness*. Amsterdam: John Benjamins, S. 257–282
- Degele, Nina, 2002: *Einführung in die Techniksoziologie*. München: Fink
- Dreyfus, Hubert L., 1972: *What Computers Can't Do: a Critique of Artificial Reason*. New York: Harper & Row
- Falkenburg, Brigitte, 1995: *Teilchenmetaphysik: zur Realitätsauffassung in Wissenschaftsphilosophie und Mikrophysik*. Heidelberg / Berlin / Oxford: Spektrum
- Felt, Ulrike; Nowotny, Helga; Taschwer, Klaus, 1995: *Wissenschaftsforschung: eine Einführung*. Frankfurt a.M. / New York: Campus
- Haraway, Donna J., 1985: 'A Manifesto for Cyborgs: Science, Technology, and Socialist Feminism in the 1980s'. In: *Socialist Review* 80, S. 65–108
- Haraway, Donna J., 1995a: *Monströse Versprechen. Eine Erneuerungspolitik für un/an/geeignete Andere*. In: Dies.: *Monströse Versprechen. Coyote-Geschichten zu Feminismus und Technowissenschaft*. Hamburg: Argument-Verlag, S. 11–81 (im Orig. 1992)
- Haraway, Donna J., 1995b: *Menü mit Mensch™*. In: Dies.: *Monströse Versprechen. Coyote-Geschichten zu Feminismus und Technowissenschaft*. Hamburg: Argument-Verlag, S. 113–117 (im Orig. 1992)
- Haraway, Donna J., 1995c: *Situiertes Wissen. Die Wissenschaftsfrage im Feminismus und das Privileg einer partialen Perspektive*. In: Dies.: *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*. Hrsg. von Carmen Hammer und Immanuel Stieß. Frankfurt a.M. / New York: Campus, S. 73–97

- Haraway, Donna J., 1995d: Jenseitige Konversationen; irdische Themen; lokale Begriffe. In: Dies.: Monströse Versprechen. Coyote-Geschichten zu Feminismus und Technowissenschaft. Hamburg: Argument-Verlag, S. 81–112 (im Orig. 1992)
- Haraway, Donna J., 1995e: Primatologie ist Politik mit anderen Mitteln. In: Orland, Barbara; Scheich, Elvira (Hrsg.): Das Geschlecht der Natur: feministische Beiträge zur Geschichte und Theorie der Naturwissenschaften. Frankfurt a.M.: Suhrkamp 136–198
- Haraway, Donna J., 1996: Anspruchsloser Zeuge @ Zweites Jahrtausend. FrauMann © trifft OncoMouse™. Leviathan und die vier Jots: *Die Tatsachen verdrehen*. In: Scheich, Elvira (Hrsg.): Vermittelte Weiblichkeit: feministische Wissenschafts- und Gesellschaftstheorie. Hamburg: Hamburger Edition, S. 347–389
- Haraway, Donna J., 1997: Modest-Witness Second_Millennium. Female-Man © Meets Onco Mouse™: Feminism and Technoscience. New York/London: Routledge
- Haraway, Donna J., 2004: The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness. Chicago: Prickly Paradigm Press
- Hayles, Katherine N., 1999: How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics. Chicago / London: Chicago University Press
- Karafyllis, Nicole C. (Hrsg.), 2003: Biofakte: Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen. Paderborn: Mentis
- Karafyllis, Nicole C., 2005: Brutschränke, Nährmedien und Kältekammern: Das Labor als hybrider Lebens-Raum für Modellorganismen und andere Lebewesen. (unveröffentlichtes Manuskript)
- Kember, Sarah, 2001: Resisting the New Evolutionism. In: Women: a cultural review, Vol.12, No. 1, S.1–8
- Knorr-Cetina, Karin, 1991: Die Fabrikation von Erkenntnis: zur Anthropologie der Naturwissenschaft. Frankfurt a.M.: Suhrkamp (im Orig. 1981)
- Latour, Bruno, 1995a: Wir sind nie modern gewesen: Versuch einer symmetrischen Anthropologie. Berlin: Akademie Verlag (im Orig. 1991)
- Latour, Bruno, 1995b: Pasteur und Pouchet: Die Heterogenese der Wissenschaftsgeschichte. In: Serres, Michel (Hrsg.): Elemente einer Geschichte der Wissenschaften. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, S. 748–789
- Latour, Bruno, 1999: Pandora's Hope. Essays on the Reality of Science Studies. Cambridge, MA / London: Harvard University Press
- Law, John, 1986: The Heterogeneity of Text. In: Callon, Michel; Law,

- John ; Rip, Arie (Eds.): Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World. London: Macmillan, S.67–83
- Law, John / Urry, John, 2003: Enacting the Social, published by the Department of Sociology and the Centre for Science Studies, Lancaster University, at <http://www.comp.lancs.ac.uk/sociology/papers/Law-Urry-Enacting-the-Social.pdf> (last access: 7/2005)
- Langton, Christopher G., 1996: Artificial Life. In: Boden, Margaret A. (Ed.): The Philosophy of Artificial Life. Oxford: Oxford University Press, S. 39–94
- Levy, Steven, 1996: Künstliches Leben aus dem Computer. München: Knaur
- Lindemann, Gesa, 2002: Die Grenzen des Sozialen: zur sozio-technischen Konstruktion von Leben und Tod in der Intensivmedizin. München: Wilhelm Fink
- Malsch, Thomas (Hrsg.), 1998: Sozionik: soziologische Ansichten über künstliche Sozialität. Berlin: Sigma
- Mol, Annemarie, 1999: Ontological Politics. A Word and Some Questions. In: Law, John; Hassard, John (Eds.): Actor Network Theory and After. Oxford: Blackwell & Sociological Review, S. 74–89
- Pfeifer, Rolf; Scheier, Christian, 1999: Understanding Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press
- Pfeifer, Rolf, 2000: On the Role of Embodiment in the Emergence of Cognition and Emotion (revised version, January 2000). The 13th Toyota Conference. Affective Minds, November / December 1999. In: <http://www.ifi.unizh.ch/groups/ailab/publications/2000.html>, S. 1–21 (last access: 6/2003)
- Pfeifer, Rolf, 2001: Embodied Artificial Intelligence. 10 Years Back, 10 Years Forward. In: Reinhard Wilhelm (Ed.): Informatics. 10 Years Back. 10 Years Ahead. Lecture Notes in Computer Science. Berlin / Heidelberg: Springer, S. 294–310
- Phelan, Shane, 1996: Coyote Politics. Trickster Tales and Feminist Futures. In: Hypatia, Vol. 11, No. 3, S.130–149
- Quick, Tom; Dautenhahn, Kerstin, 1999: Making Embodiment Measurable. Vierte Fachtagung der Gesellschaft für Kognitionswissenschaft; Workshop „Embodied Mind / A-Life.“ 28. September – 1. October, 1999 (KogWis '99). In: <http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/t.quick/kogwis/webtext.html> (last access: 5/2002)

- Rammert, Werner; Schulz-Schaeffer, Ingo (Hrsg.), 2002: Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt a. M.: Campus-Verlag
- Rheinberger, Hans-Jörg, 2000: Kurze Geschichte der Molekularbiologie. In: Jahn, Ilse (Hrsg.): Geschichte der Biologie: Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien. 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg / Berlin: Spektrum, S.642–663
- Ritsert, Jürgen, 1996: Einführung in die Logik der Sozialwissenschaften. Münster: Verlag Westfälisches Dampfboot
- Schiemann, Gregor, 2000: Zum Verhältnis von Common Sense und wissenschaftlichem Naturbegriff. In: Franz, Heike ; Kogge, Werner; Möller, Torger; Torsten, Wilholt (Hrsg.): Wissensgesellschaft. Transformationen im Verhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft. Tagung vom 13.–14. Juli 2000 an der Universität Bielefeld. IWT-Paper Nr. 25, <http://bieson.ub.uni-bielefeld.de/volltexte/2002/90/html/Wissensgesellschaft.pdf>, S. 202–216 (last access: 12/2004)
- Schmitz, Sigrid, 2003: Neue Körper, neue Normen? Der veränderte Blick durch bio-medizinische Körperbilder. In: Weber, Jutta; Bath, Corinna (Hrsg.): Turbulente Körper und soziale Maschinen: feministische Studien zur Technowissenschaftskultur. Opladen: Leske & Budrich, S. 217–233
- Serres, Michel, 1987: Der Parasit. Frankfurt a.M.: Suhrkamp (im Orig. 1980)
- Virilio, Paul, 1994: Die Eroberung des Körpers. Vom Übermenschen zum überreizten Menschen. München / Wien: Hanser
- Weber, Jutta, 1998: Feminismus & Konstruktivismus. Zur Netzwerktheorie bei Donna Haraway. In: Das Argument. Zeitschrift für Philosophie und Sozialwissenschaften 227, Heft 5, S. 699–712
- Weber, Jutta, 2001: Selbstorganisation als ‚little invisible hands‘: Artificial Life und die wunderbare Ordnung einer undurchschaubaren Welt. In: Bergermann, Ulrike et al. (Hrsg.): Hand-Körper, Medium, Technik. Bremen: Frauenkulturhaus Thealit, S.147–159
- Weber, Jutta, 2003: Umkämpfte Bedeutungen: Naturkonzepte im Zeitalter der Technoscience. Frankfurt a. M./New York: Campus-Verlag
- Weber, Jutta, 2005: Die Produktion des Unerwarteten. Materialität und Körperpolitik in der Künstlichen Intelligenz. In: Bath, Corinna; Bauer, Yvonne; Bock von Wülfigen, Bettina; Saupe, Angelika; Weber, Jutta (Hrsg.) (2005): Materialität denken. Studien zur techno-

wissenschaftlichen Verkörperung – Hybride Artefakte, posthumane Körper. Bielefeld: Transcript-Verlag, S. 59–84

Wöllmann, Torsten, 2005: Die Neuerfindung des Männerkörpers. Zur andrologischen Reorganisation des Apparats der körperlichen Produktion. In: Bath, Corinna; Bauer, Yvonne; Bock von Wülffingen, Bettina; Saupe, Angelika; Weber, Jutta (Hrsg.) (2005): Materialität denken. Studien zur technowissenschaftlichen Verkörperung – Hybride Artefakte, posthumane Körper. Bielefeld: Transcript-Verlag, S. 139–164