

# RECHNENDE TIERE

---

## Zootechnologien aus dem Ozean

### I. Rechnende Tiere

The Dolphins had long enough known of the destruction of the planet earth and had made many attempts to alert mankind to the danger; but most of their communications were misinterpreted as amusing attempts to punch footballs or whistle for titbits, so they eventually gave up [...]. The last ever dolphin message was misinterpreted as a surprisingly sophisticated attempt to do a double-backwards-somersault through a hoop whilst whistling the «Star Spangled Banner», but in fact the message was: *So long, and thanks for all the fish*.<sup>1</sup>

Manchmal ist Science Fiction nichts anderes als Past Science. Tiere formen nicht erst seit Norbert Wieners kybernetischem Diktum von *Communications and Control in the Animal and the Machine* als Wissensfiguren ein epistemisches Zentrum, um das herum sich Diskurse von Menschen und Maschinen ausbilden. Auch Douglas Adams' Karikatur der Kommunikationsbemühungen von Delfinen ist eine Reminiszenz an reale biokybernetische Forschungen zur Interaktion zwischen Mensch und Tier, wie sie der US-amerikanische Delfinforscher John C. Lilly in den 1960er Jahren durchführte. Doch hinter Lillys Studien steckte mehr als der Traum, andere Lebewesen zu verstehen und das Verhältnis von Mensch und Tier neu auszuhandeln. Hier und in weiteren kybernetischen Experimenten ging es letztlich um Maschinenträume: Es wurde die Kopplung differenter <Intelligenzen> unter dem Leitmotiv intelligenter Rechenmaschinen entworfen und erprobt. Und diese erträumten Maschinen elektronischer Natur – die Blueprints <biologischer> Computerentwürfe, die sich diesseits wie jenseits etablierter Von-Neumann-Architekturen bewegen sollten – rechneten mit Tieren.

Dieser Beitrag befasst sich mit zwei höchst unterschiedlichen *Dream Machines*.<sup>2</sup> In beiden hier skizzierten maritimen Szenen treten Mensch, Tier und Computer jedoch in einen Zusammenhang, der durch die Inklusion *rechnender Tiere* hergestellt wird. Mit Bezug auf das Hefthema *Menschen & Andere* wird damit die kybernetische Nivellierung der Differenzen zwischen Mensch, Maschine und Tier problematisiert und infrage gestellt. Ab dem Ende der 1940er

<sup>1</sup> Douglas Adams, *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy. The Trilogy of Four*, London (Picador) 2002, 136.

<sup>2</sup> Vgl. computergeschichtlich zu diesem Begriff: Ted Nelson, *Computer Lib/Dream Machines*, Eigenverlag 1974.

Jahre und unter den Maßgaben eines Zeitalters der Informationsmaschinen unternimmt die Kybernetik bekanntlich den Versuch, den Wissenschaften ihren anthropozentrischen Blick auszutreiben.<sup>3</sup> Der Mensch wird nicht mehr von einer Sonderstellung gegenüber Tieren aus definiert: Zum Ersten nicht mehr von den Defiziten aus, die Tiere gegenüber dem *zoon politikon* und v.a. dem *zoon logon echon*, also dem zur Sprache befähigten politischen Tier <Mensch> je schon unterscheiden. Und zum Zweiten auch nicht mehr als <Mängelwesen> (Herder, Gehlen), das seine Unfertigkeiten gegenüber Tieren durch technische und kognitive Leistungen wettmachen muss und diese nur deshalb weit übertreffen kann. Unter der Maßgabe der Kybernetik als universaler Theorie, die sowohl Lebewesen als auch Maschinen als Regelungsprobleme oder -lösungen zu adressieren ansetzt, erscheinen Tiere, Maschinen und Menschen in neuartigen technologischen, konzeptionellen und epistemischen Austauschbewegungen und -beziehungen. Die Kybernetik entwirft ein Kontinuum, dessen Menge alles zusammenfasst, was lebendig ist bzw. sich lebendig verhält: «Mit Blick auf das Tier kann deutlich werden, was Komplexität bei Menschen und Maschinen heißt», schreiben deshalb Stefan Rieger und Benjamin Bühler.<sup>4</sup> Wir möchten entlang dieser Fluchtlinie weiterdenken, um jedoch in umgekehrter Lesart nach Rissen und (Soll-)bruchstellen im kybernetischen Kontinuum Ausschau zu halten. In den hier behandelten Szenen erscheinen <Tiere> nicht als Bestien oder *Übertiere*, welche auf das Niveau menschlicher und maschineller Existenz gehoben werden, um diese selbst neu zu verorten. Ihnen wird vielmehr ihre Natürlichkeit auf spezifische Weise entzogen. Während es Bühler und Rieger um die Kasuistik eines invertierten Blicks von Wissenschaftlern auf den Menschen durch die Augen des Tieres geht, stellt sich die «experimentelle Epistemologie»<sup>5</sup> rechnender Tiere als selbst technisch vermittelt und diskursiv domestiziert heraus. Der konzeptionelle Rahmen solcher Experimentalsysteme ist somit nicht mehr im Medium eines Bestiariums zu fassen, sondern bedarf eher eines zootechnischen Handbuchs.

Die Forschungen Lillys können dabei zunächst als Einsatzpunkt dienen, der die Spur einer in seinem Fall noch nicht konsequent durchgehaltenen, aber sich abzeichnenden <Entnaturalisierung> biologischer Forschungen zu folgen. So lassen sich Lillys neobehavioristische Kommunikationsexperimente mit Delfinen zwar durchaus noch vor dem Hintergrund einer *long durée* neurophysiologischer Tierexperimente als konventionelle Relation beschreiben, in der sich unterschiedliche Wissenstrajektorien über Tiere mit einem «phänomenotechnisch» (Bachelard) evozierten Wissen von Tieren – also im Sinne eines von Tieren ausgehenden Wissens – verschränken. Allerdings wird das nur scheinbar emanzipatorisch angelegte Vieraugengespräch zwischen Mensch und Tier überhaupt erst durch die kybernetische Registrierung des Delfins als schwimmendem Computer in fremder und für Mensch und Maschine (vorläufig noch) inkompatibler Datenumgebung ermöglicht. Erst eine solche techno-epistemische Fundierung aller experimenteller Möglichkeitsbedingungen erlaubt eine

<sup>3</sup> Vgl. Michel Serres, *Hermes IV: Verteilung*, Berlin (Merve) 1993, 58–60.

<sup>4</sup> Benjamin Bühler, Stefan Rieger, *Vom Übertier. Ein Bestiarium des Wissens*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2006, 9.

<sup>5</sup> Etwa wie Warren McCulloch den Menschen als speziellen Fall der Informationsmaschine auffasst und davon ausgeht, dass «epistemische Fragen» sich im experimentellen Umgang mit «denkenden» Maschinen «theoretisch beantworten» lassen, kann man «rechnende Tiere» als spezifische Informationsmaschinen verstehen, die eine Epistemologie der Rechenmaschinen experimentalisieren. Warren S. McCulloch, *Durch die Höhle des Metaphysikers*, in: ders. (Hg.), *Verkörperungen des Geistes*. Warren S. McCulloch. *Computerkultur* Band VII, Wien, New York (Springer) 2000, 67–80.



Abb. 1 Postkarte aus den *Marine Studios* aus dem Jahr 1958

Bewegung, in der Tiere, wie im zweiten Fall der *Swarm Intelligence*-Forschungen, eine neue systemische Stelle in der genannten *ménagerie à trois* besetzen können: Sie mutieren zu «Systemtieren»,<sup>6</sup> die von ihrer biologischen Abkunft abstrahiert werden und als Modell für, als Schnittstelle in oder als Anwendung von computertechnischen Verfahren dienen. Als derartige Systemtiere unterscheiden sich rechnende Tiere diametral von den historisch wesentlich früheren Maschinenmodellen eines René Descartes oder eines Julien Offray de La

Mettrie, da sie über Informations- und Kommunikationsinfrastrukturen angelegt und definiert sind: Systemtiere systematisieren als Informationsmaschinen und werden als solche systematisierbar.

Es erscheint aber noch aus einem zweiten Grund sinnvoll, die These einer Denaturalisierung tierischer Akteure im Zuge ihrer Transformation vom epistemisch-technischen Objekt zum Systemtier in den Computerwissenschaften an der Gegenüberstellung zweier historisch, geografisch wie disziplinär distinkter Szenarien festzumachen. Denn der Gegensatz zwischen dem Delfin *als noch* organischem Meerescomputer und dem Schwarm *als nicht mehr* körperlicher Verschaltungslogik verweist auf einen Umbruch im Denken von Intelligenz in den Computerwissenschaften, der die Kybernetisierung des Tieres begleitet. Während Computerintelligenz bei John C. Lilly noch über die schiere Größe und Rechenleistung des Delfingehirns gefasst und auf repräsentationelles Wissen sowie sprachliches Vermögen geprüft wird, erscheint Schwarmintelligenz als emergenter Effekt distribuerter und agentenbasierter Kommunikationsprozesse. Jenseits bekannter Cyborg-Diskurse operieren rechnende Tiere mithin nicht mehr am offenen Herzen – also an Fragen zu Körper oder Organismus –, sondern als <kognitive Blaupausen> für Schaltpläne und Regelungsfragen: Tiere informieren eine Computertechnik, unter deren Bedingung eine Perspektive auf Tiere entwickelt werden kann, die ein von diesen Tieren ausgehendes Wissen für eine systemische Integration interessant werden lässt.

## II. Auf halbem Weg

Within the next decade or two the human species will establish communication with another species: nonhuman, alien, possibly extraterrestrial, more probably marine; but definitely highly intelligent, perhaps even intellectual.<sup>7</sup>

Dr. Sommer: Bello ... sag mal ... Neun Nonnen holen Kohlen zum Kohleofen ...  
Hund: Ho hoho hoho hoho ho hohohoho ...

Reporter: Ich weiß nicht, Herr Doktor, ich weiß nicht, ob das Tier diesem Thema gewachsen ist.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Vgl. Anne von der Heiden, Joseph Vogl, Vorwort, in: dies. (Hg.), *Politische Zoologie*, Zürich, Berlin. (diaphanes) 2007, 7–14.

<sup>7</sup> John C. Lilly, *Man and Dolphin*, New York (Pyramid Publications) 1965 (1961), 7.

<sup>8</sup> Lorient, *Der sprechende Hund*, in: ders., *Lorient's dramatische Werke*, Zürich (Diogenes) 1981, 241–245, hier 243.

Im Angesicht von Sputnikschock und *space race* überrascht es kaum, dass sich amerikanische Wissenschaftler um 1960 gewissenhaft auf die erste Begegnung mit Außerirdischen einstellten. Wie würde man mit ihnen kommunizieren, wenn es so weit ist? Dass die Vorbereitungen auf den *first contact* zwischen der Menschheit und dem schlechthin Anderen jedoch in einer malerischen Bucht auf den Virgins Islands und im «Gespräch» mit Delfinen stattfand, mag schon eher verwundern. Auf der Karibikinsel St. Thomas bemühte sich der Neurophysiologe und Biophysiker John C. Lilly zu jener Zeit, die Möglichkeiten «zwischenartlicher Kommunikation» auszuloten. Dabei stand für ihn nicht nur die ganz pragmatische Frage einer möglichen Verständigung im Ernst- bzw. Konfliktfall auf dem Spiel («Wir kommen in Frieden!»), sondern auch der Nachweis einer gewissen «evolutionären Reife» der Menschheit. Denn, so Lilly, die Kommunikation mit einer anderen Art könnte unsere eigene Selbstwahrnehmung entscheidend verändern, indem sie uns Zugang zu einer fremden Perspektive auf uns selbst verschaffen würde.<sup>9</sup> Tatsächlich aber, so zeigt der folgende kursorische Überblick, trifft der Mensch in Lillys Delfinexperimenten weniger auf ein Weltbild der anderen Art als auf die Situiertheit seines eigenen Denkens und Handelns inmitten der kybernetischen Episteme. Der Delfin um 1960, um die entscheidende Pointe gleich vorwegzunehmen, erscheint dem Menschen nicht als Tier, sondern als Computer.

Der Meeressäuger geriet nicht zufällig zum Modellorganismus zur Erprobung zwischenartlicher Kommunikation. John Lillys Suche nach dem besten aller anderen terrestrischen Gesprächspartner galt einer Spezies, die über ein Gehirn verfügte, «welches in Größe und Komplexität vergleichbar ist mit dem menschlichen Gehirn», bei der sich eine «innerartliche Kommunikation» beobachten ließ und welche fähig sein musste, Geräusche von sich zu geben, die zumindest potenziell so klingen können wie menschlich produzierte Laute.<sup>10</sup> Die Delfinunterart *Großer Tümmler* entsprach nicht nur all diesen Anforderungen, sondern war darüber hinaus grundsätzlich verfügbar, vergleichsweise einfach zu halten, und es war möglich, auf bereits vorhandenes Wissen über die Tiere zurückzugreifen.<sup>11</sup> Denn als Showtier hatte *Tursiops truncatus* in den sogenannten *Porpoise Acts* der vier großen amerikanischen Ozeanarien der Vereinigten Staaten seine Domestizierbarkeit seit Mitte der 50er Jahre unter Beweis gestellt (Abb. 1).<sup>12</sup>

Folgerichtig führte John Lilly eine erste Reihe neurophysiologischer Delfinexperimente in den Jahren 1955, 1957 und 1960 in einem Forschungslabor auf dem Gelände der Marine Studios durch. Ziel der neobehavioristischen Versuche

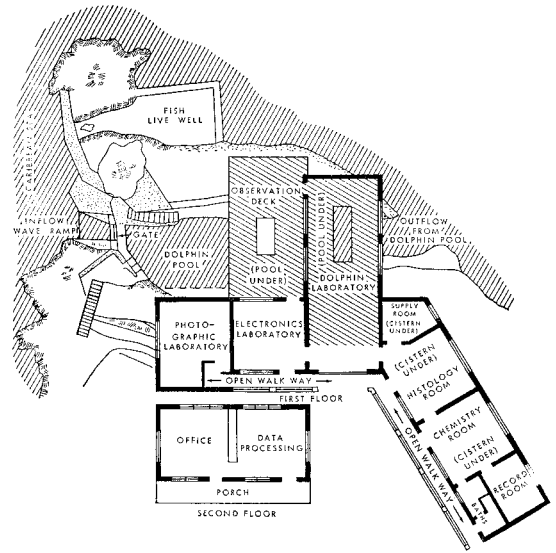


Abb. 2 Grundriss des Dolphin Point Laboratory auf St. Thomas

<sup>9</sup> «At most we shall have graduated from the kindergarten of interspecies communication before it becomes absolutely essential for us and all of the human races to enter the graduate school of interspecies relations», Lilly, *Man and Dolphin*, 128.

<sup>10</sup> Ebd., 15–16. Diese und folgenden Übersetzungen im Fließtext: jm.

<sup>11</sup> Nach Richard Burian gelten diese drei «operationalen Kriterien» für jeden Modellorganismus, zitiert nach: Hans-Jörg Rheinberger, Überlegungen zum Begriff des Modellorganismus in der biologischen und medizinischen Forschung, in: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Modelle des Denkens*, Berlin (Verlag der BBAW) 2005, 69–74, hier 70.

<sup>12</sup> Das erste Ozeanarium der Vereinigten Staaten wurde unter dem Namen *Marine Studios* im Jahr 1938 in St. Augustine, Florida eröffnet und später unter dem Namen *Marineland of Florida* weitergeführt. Ursprünglich konzipiert als Filmstudio für Unterwasseraufnahmen von Meerestieren, entwickelte sich das *Marineland of Florida* spätestens mit den ersten öffentlichen Tiervorführungen in der zweiten Hälfte der 40er Jahre zu einem Publikumsmagneten.



**Abb. 3** Versuchsanordnung mit Delfin, Apparaten zur Frequenzaufzeichnung, Experimentator und Computer zur Datenauswertung im Hintergrund, ca. 1964

war es, im Gehirn des Delfins mittels invasiver Elektrostimulation die «Belohnungs- und Strafzentren» zu lokalisieren, um in einem zweiten Schritt den Delfin durch *operante Konditionierung* dazu zu bringen, menschlich klingende Laute von sich zu geben. Dabei galt es zunächst, das Problem der Luft-Wasser-Grenze zu lösen, welches sich zunehmend als das größte zwischenartliche Hindernis zwischen Mensch und Delfin herausstellte: «Um den Tieren auf halber Strecke entgegenzukommen», so Lilly, müsse man «eine Technik entwickeln, die es erlaubt [...], [dass] wir hören können, wie sie unter Wasser «sprechen», und sie hören können, was wir an der Luft sprechen.»<sup>13</sup> Mikrophone und Hydrophone wurden über bzw. in dem Labortank positioniert, sodass in Verbindung mit einem Verstärker und Lautsprechern Mensch und Delfin sich gegenseitig hören konnten. Mit einem Stereo-

rekorder zeichnete Lilly die «Vokalisierungen» des Tieres sowie seine eigenen gesprochenen Beobachtungen auf zwei Tonspuren auf, während er humanoid klingende Laute des Delfins durch elektrische Stimulation der für das Wohlbefinden des Tieres verantwortlichen Hirnregion «auf Knopfdruck belohnte».<sup>14</sup> Als «Funktionstier» war der Delfin somit Teil eines Experimentalsystems, dessen neuronale, physiologische und instrumentelle Stellschrauben so lange justiert wurden, bis der gewünschte Effekt auftrat. Wie die Hunde in Pawlows berühmten Experimenten war der Delfin zugleich physiologisches Forschungsobjekt und Technologie.<sup>15</sup> So waren die ersten «verständlichen» Worte von *Delfin Nummer #6* Produkte einer fast schon spiritistisch anmutenden phänomenotechnischen Szenerie. Erst durch das Abspielen der phonographischen Aufzeichnungen bei halber Geschwindigkeit gelang es Lilly, Unerhörtes hörbar zu machen:

When we replayed this first set of tapes we discovered that [...] this dolphin had been mimicking some of the things I had been saying while dictating technical data on my channel of the tape [...]. I say on the tape, «The TRR (train repetition rate),» pronouncing it very distinctly so that my secretary can copy it down, «is now ten per second.» The animal said, «TRP» in a very high-pitched Donald Duck, quacking-like way. In the same way he picked out «three hundred and twenty three» when I said «three hundred and twenty-three feet on the tape,» and reproduced it in his peculiar primitive but distinctive fashion. He also reproduced our laughter in a fairly accurate way.<sup>16</sup>

In der ersten Hälfte der 60er Jahre verlagert John Lilly seine Versuche im Bereich zwischenartlicher Kommunikation aus dem Vergnügungspark an einen kaum weniger utopischen Ort. In einer Bucht auf der Karibikinsel St. Thomas ließ er mit Mitteln des *Office of Naval Research*, der *National Science Foundation* und anderen Sponsoren für sein *Institut für Kommunikationsforschung* ein Labor an genau jener Grenze zwischen Land und Meer errichten, welche die Lebensräume der beiden Arten trennt. Um dem Delfin auf halbem Weg entgegen-

<sup>13</sup> Lilly, *Man and Dolphin*, 19.

<sup>14</sup> Ebd., 22.

<sup>15</sup> Im Unterschied zu Iwan P. Pawlow «fabrizierte» bzw. züchtete John C. Lilly allerdings seine Forschungsobjekte nicht selbst und verzichtete – soweit bekannt – auch auf chirurgische Eingriffe in den Organismus der Tiere, um sie in das Experimentalsystem einzupassen. Vgl. Daniel P. Todes, Pawlows Physiologie-Fabrik, in: Peter Geimer, Henning Schmidgen, Sven Dierig (Hg.), *Kultur im Experiment*, Berlin (Kadmos) 2004, 215–270.



MH We are going to speak English yet, Peter . . . say HUMANOID . . .  
PD  
MH HUMANOID No! That's not right. Say . . . BALL No! Listen  
PD xxxxx awxxx  
MH Listen, listen BALL O.K. HELLO uh uh uh  
PD ccccxix cccccccxxxaw cc uh uh  
MH listen listen HELLO Uh uh Peter, I don't mean to bore you  
PD cc xxxxxxxx  
MH but you say it right and then we'll go on. Hmmm? You didn't say it  
PD  
MH right. Now listen. HELLO Pretty good, pretty good.  
PD xxxx xx ccccxix

zukommen, bedurfte es aus der Sicht Lillys «einer Art <feuchten Mutes>, wenn wir uns jenseits unserer <trockenen>, bipeden, dem festen Boden verhafteten Einstellung bewegen wollen.»<sup>17</sup> Um das Übertreten dieser Milieuschwelle zu erleichtern, bestand das *Dolphin Point Laboratory* aus drei Bereichen (Abb. 2): Einem Meerwasserbecken, einem Trockenbereich für Büros und Laboratorien sowie einem dritten Schnittstellenbereich, in dem Mensch und Delfin zusammenleben sollten: Der <Nassraum> enthielt Schreibtisch und Bett für den menschlichen Experimentator und war auf eine Höhe von bis zu 60 cm mit Meerwasser geflutet. Mit einem Aufzug aus dem darunter liegenden Becken konnte der Delfin jederzeit für Experimente in den Nassraum heraufgeholt und wieder herunter gelassen werden.

Zunächst wurden in dem neuen Labor die in den Marine Studios begonnenen Experimente zur Untersuchung der Lauterzeugung beim *Großen Tümmler* weiter ausgebaut. Das subjektive Urteil des menschlichen Ohrs wurde nun mithilfe von Oszillographen, Computern und weiteren Instrumenten zur Frequenzaufzeichnung und -analyse <objektiviert> (Abb. 3). In «mehreren hundert» Versuchen bemühte sich John Lilly die grundsätzliche Fähigkeit des Delfins zur Nachahmung menschlicher Sprache mithilfe seines Blaslochs zu belegen.<sup>18</sup> Aufbauend auf diesen Untersuchungen wurde im Sommer 1965 schließlich ein Langzeitexperiment durchgeführt, bei dem der junge Delfin Peter und John Lillys Assistentin Margaret Howe gemeinsam für zweieinhalb Monate, vierundzwanzig Stunden am Tag den Nassbereich <bewohnten>. Durch die Kombination aus Isolation von seinen Artgenossen, der Konditionierung durch Nahrungsmittelbelohnung sowie dem ständigen Kontakt mit Menschen in einer Art «Mutter-Kind-Situation» sollte das Tier auch ohne invasive Elektrostimulation die Vokalisation ausgewählter menschlicher Begriffe (<Hello>, <Magrit>, <Ball> etc.) und einfache abstrakte Konzepte erlernen (etwa den Zahlenraum von eins bis fünf oder einfache geometrische Grundformen) (Abb. 4, 5).<sup>19</sup>

Abb. 4 Margaret Howe und der Delfin Peter während ihres zweieinhalbmonatigen Zusammenlebens im <Nassbereich> des Labors im Sommer 1965

Abb. 5 Auszug aus einem <Dialog> zwischen Margaret und dem Delfin Peter. Das Symbol <c> bezeichnet «delfinesische» Laute, das Symbol <x> humanoide aber unverständliche Laute. Klingen die Laute des Delfins wie Konsonanten oder Vokale der menschlichen Sprache wurden diese übernommen.

<sup>16</sup> Lilly, *Man and Dolphin*, 51.

<sup>17</sup> John C. Lilly, *The Mind of the Dolphin. A Nonhuman Intelligence*, New York (Doubleday) 1967, 167.

<sup>18</sup> John C. Lilly, *Vocal Mimicry in Tursiops: ability to match numbers and durations of human vocal bursts*, in: *Science* 147 (1965), 300–301.

<sup>19</sup> Ein ausführlicher Bericht über das Projekt mit Auszügen aus Margaret Howes Labortagebuch findet sich in: Lilly, *Mind of the Dolphin*, 250–294.

Es mag vor allem die geografische wie konzeptuelle Nähe seiner frühen Forschung zu den maritimen Vergnügungsparks Floridas gewesen sein, die John Lilly unter Kollegen den Vorwurf des Anthropomorphismus einbrachte. Diesem Verdacht, er projiziere lediglich menschliche Eigenschaften und Gefühle auf Delfine, trat Lilly jedoch entschieden entgegen. Ganz im Gegenteil läge seinen Untersuchungen eine grundsätzliche Relativierung der Stellung des *homo sapiens* in der Natur zugrunde. Und in der Tat bemühte sich Lilly, den Anthropozentrismus durch eine Sonderstellung aller Lebewesen mit ausreichender Gehirngröße zu ersetzen. Denn ebenso wenig wie Tiere zu vermenschlichen, so der Biophysiker, dürfe man die <wissenschaftliche Sünde> begehen, Tiere, die über ein hochentwickeltes Gehirn verfügen, auf eine Stufe mit einfältigen Tieren mit kleineren Gehirnen zu stellen. Diese Gefahr des <Zoomorphismus> stelle eine ähnlich große Gefahr für die Unvoreingenommenheit des Delfinforschers dar wie die des Anthropomorphismus.<sup>20</sup> Lilly, so lässt sich also zunächst feststellen, bemühte sich um eine Verschiebung des Humanen hin zu einer Art kybernetischem *Cerebralismus*, welcher allen Lebewesen mit hinreichender Gehirngröße eine Sonderstellung in der Natur einräumt.

Dass Lillys Versuch einer ontologischen Neuordnung jedoch einem konkreten medientechnischen Dispositiv geschuldet war, wird deutlich, wenn dieser die Konstellation zwischen dem Menschen Margaret und dem Delfin Peter im Sommer 1965 mit dem Aufeinandertreffen zweier riesiger Computersysteme vergleicht. Beide Systeme seien mit einer hohen Anzahl von <Programmen> angefüllt, die für den jeweils anderen fremdartige <Modelle der Wirklichkeit> darstellten. <Unter unseren vielen Problemen besteht auch das, wie ein gemeinsames Programmuniversum und ein gemeinsames Datenuniversum erzielt werden kann.><sup>21</sup> Dem Treffen der zwei Arten lag also nicht etwa eine Nivellierung ontologischer Grenzen zugrunde, sondern vielmehr die Gleichschaltung der beiden durch ein Drittes: Die Frage der zwischenartlichen Kommunikation in Zeiten des Computers wurde für John C. Lilly zu einem Problem der Software-Kompatibilität.<sup>22</sup>

Dabei war die Adressierung des Delfins-als-Computer mehr als eine bloße Anwendung kybernetischer Begriffe und Metaphern im Rahmen einer diskursiven Konjunktur der Kybernetik um 1960. Vielmehr betraf sie das Verständnis von Intelligenz selbst. Die wichtigste Eigenschaft, welche die <First-Class-Gehirne> privilegierter Systeme von einfacheren Denkorganen unterschied, lag für Lilly in ihrer Fähigkeit, <auf der Basis einer großen Menge akkumulierter Daten lange, ununterbrochene Ketten logischer Schlussfolgerungen durchzuführen>.<sup>23</sup> Intelligenz war für ihn also gleichbedeutend mit der Anhäufung und seriellen Verarbeitung großer Datenmengen. Delfine und ihre Verwandten erschienen Lilly gewissermaßen als schwimmende symbolverarbeitende <Expertensysteme>, welche auf einen mit Umweltinformationen angefüllten Speicher zurückgreifen konnten, um dieses Wissen in spezifischen Situationen intelligent einzusetzen.<sup>24</sup> Ein weiterer entscheidender Aspekt war, dass *Cetacea*

<sup>20</sup> Lilly, *Mind of the Dolphin*, 65.

<sup>21</sup> Ebd., 97.

<sup>22</sup> So erscheint es bloß folgerichtig, dass sich John C. Lilly in seinen späteren Arbeiten dem menschlichen Bio-Computer und dessen (Selbst-)Programmierung zugewandt hat. Vgl. John C. Lilly, *Programming the Human Biocomputer: Theory and Experiment*, New York (The Julian Press) 1972 (1968).

<sup>23</sup> Lilly, *Man and Dolphin*, 67.

<sup>24</sup> Somit verwendet Lilly ein ähnliches Konzept von <Intelligenz>, wie es zur gleichen Zeit durch den <konventionellen> Flügel der Artificial Intelligence-Forschung, etwa von Edward Feigenbaum, vertreten wurde. Vgl. Edward Feigenbaum, *Computers and Thought*, New York (McGraw-Hill) 1963.

offenbar in der Lage waren, ihr <Umweltwissen> und die damit verbundenen <Handlungsvorschläge> untereinander zu kommunizieren. So berichtet Lilly z. B. von einem in der Forschungsliteratur überlieferten Beispiel des Ausweichverhaltens einer mehrere Tausend Individuen zählenden Orca-Gruppe aufgrund sich nähernder Walfangboote:

It certainly looks as if the whales were able to communicate a description of the [...] [whaling] boats to all other whales within the space of half an hour, influencing the behavior of many, many individuals immediately and continuing to do so for many hours. Such transmission of complex information has always been thought to be only possible among humans. Obviously, this behavior differs from that of a school of fish which suddenly changes direction and takes up a new one by some unknown means of communication.<sup>25</sup>

Orcas, die bereits schlechte Erfahrungen mit Walfangbooten gemacht hätten, seien fähig, so Lilly, die Silhouette der Boote mit der charakteristischen Harpune am Bug wiederzuerkennen und dies an ihre Artgenossen weiterzukommunizieren. Übersetzt in die menschliche Sprache müsste man sich diese Nachricht in etwa so vorstellen: «There is a thing sticking out on the front of some of these boats that can shoot a sharp thing that can go into our bodies and explode.»<sup>26</sup> Die Kommunikation unter Killerwalen unterscheide sich folglich von jener in Fischschwärmen, da hier die kognitive Repräsentation eines fremden Objekts (der Harpune auf dem Walfangboot) mitkommuniziert werde – wie Menschen tauschten auch Orcas inhaltlich komplexe Nachrichten aus. Und es sei die Komplexität dieser Nachrichten, an der sich die «sagenhaft größere Intelligenz» der Wale im Vergleich mit den Fischen festmachen ließe: «Die Zahl der Bits an Information und die Zahl der Stunden, wie lange der Einfluss einer solchen Nachricht andauert, muss wahrscheinlich eher in der Größenordnung von Milliarden und Tagen gemessen werden als in Bruchteilen einer Sekunde, wie im Fall des unmittelbaren Hier und Jetzt eines Fischschwarms.»<sup>27</sup>

### III. A Bunch of Dumb Things

Fast 30 Jahre später stehen ganz andere Aspekte als cerebrale Quantitäten in der Beziehungskonstellation von Menschen, Meerestieren und Maschinen im Vordergrund. Verhaltenswissenschaft ist zu einer <Verhaltenswissenschaft von Systemen><sup>28</sup> geworden, und dies gilt für einen Gutteil biologischer Forschungen ebenso wie für die Softwareentwicklung. Während Biologen mit einer von Chaos- und Komplexitätsforschung erweiterten Perspektive auf die nichtlinearen Prozesse biologischer Kollektive wie Schwärme und soziale Insekten blicken, beginnen Informatiker ihre immer komplizierteren Programmieraufgaben durch die Nutzung objektorientierter und agentenbasierter Verfahren zu vereinfachen, die oft von biologischen Vorbildern inspiriert sind. *Swarm Intelligence* (SI) wird seit Mitte der 1990er Jahre zu einem Schlagwort mit zunehmender

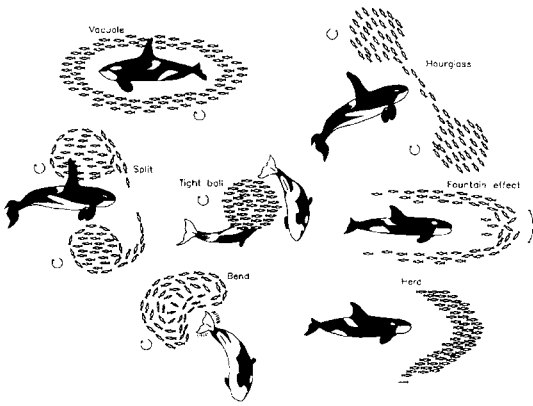
<sup>25</sup> Lilly, *Man and Dolphin*, 60.

<sup>26</sup> Lilly, *Man and Dolphin*, 61.

<sup>27</sup> Ebd., 61–62.

<sup>28</sup> Vgl. Bernd Mahr, *Das Mögliche im Modell und die Vermeidung der Fiktion*, in: Thomas Macho, Annette Wunschel (Hg.), *Science & Fiction*, Frankfurt/M. (Fischer) 2004, 161–182.





**Abb. 6** Verschiedene charakteristische Ausweichformationen von Fischschwärmen beim Angriff durch Orcas

Popularität. Damit ist ein epistemischer Bruch gekennzeichnet, durch den ›Intelligenz‹ neu gefasst wird. Nicht das kognitive und sprachliche Vermögen auf den verschiedenen Seiten einer zwischenartlichen Kommunikation steht dabei im Fokus, sondern der Umschlag von individuellen, distribuierten Kommunikationen zu kollektiven Ordnungen: In den Vordergrund rückt die Emergenz von ›Verhaltensintelligenz‹, die für komplexe Koordinationsfragen ›in animals and machines‹ gleichermaßen gültig ist.

Während Lilly Orcas und Menschen vor dem Hintergrund einer mit mentalen Repräsentationen

und Begriffen operierenden künstlichen Computerintelligenz von der ›unbekannten‹, aber aus seiner Sicht keinesfalls intelligenten Art und Weise der Schwarmorganisation abgrenzt, werden Orcas nun – wie Fischschwärme – als distribuierte Agentensysteme perspektiviert. Sie unterscheiden sich höchstens durch die – wenn man es im technischen Jargon objektorientierter Ansätze ausdrücken will – *Instanzen* und *Methoden* der Individuen und damit in ihren Fähigkeiten. Nicht mehr die ›Hochsprache‹ der Wale wird nun als Distinktionsmerkmal etabliert – akustische Signale werden (neben anderen Interaktionsweisen) auf ihre Funktion als Steuerungscode für die Ausbildung kollektiver Dynamiken untersucht.

Ein Team vorwiegend norwegischer Forscher etwa setzte sich ab 1997 detailliert mit den Jagdtaktiken von Orcas auf Heringsschwärme auseinander. Ganz unbestritten ist auch bei ihnen, dass die Killerwale eine große Bandbreite akustischer Laute von sich geben, die verschiedene soziale Funktionen zu haben scheinen. Sie rekurren aber nicht im Geringsten auf einen Vergleich mit menschlicher Sprache, sondern konzentrieren sich auf die Kollektivformationen, die durch den interindividuellen Austausch von Signalen entstehen. Wenn eine Schule von Orcas einen Heringsschwarm jagt, so die Forscher, seien die Tiere in der Regel zwar durchaus ›very vocal‹,<sup>29</sup> ihr ›Wortschatz‹ sei aber in solchen Fällen von im Mittelwert etwa 12 hochstereotypen, repetitiven, diskreten Lauten dominiert.<sup>30</sup> Ihre akustische Kommunikationsebene tritt dabei im Sinne der Erforschung des kollektiven Verhaltens neben die sich – und im Fall der Jagd auch in Konkurrenz zu den sich – durch Sehsinn und Drucksensibilität organisierenden Heringsschwärmen. Nicht mehr eine quasi-menschliche Intelligenz trifft hier Absprachen zu adäquaten Jagdweisen, sondern zwei sich fluide und rapide verschaltende und sich in Bezug aufeinander immer neu und eigenständig organisierende, submarine Kommunikationsinfrastrukturen treffen aufeinander (Abb. 6, 7 a/b). Ziel der Forschungen ist jetzt, den Zusammenhang von einfachen, lokalen, aber parallel ablaufenden Interaktionen auf der Mikroebene und dem daraus erst hervorgehenden komplexen Makroverhalten eines Tierkollektivs zu

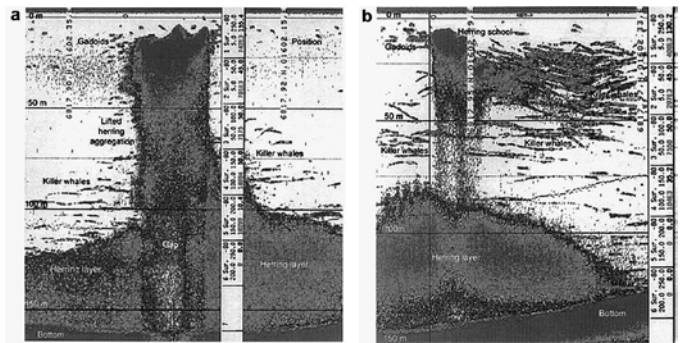
<sup>29</sup> Leif Nøttestad, Anders Fernø, Bjørn E. Axelsen, Digging in the Deep: Killer whales' advanced hunting tactics, in: *Polar Biology* 25 (2005), 939–941.

<sup>30</sup> William F. Perrin, Bernd Würsig, J. G. M. Thewissen (Hg.), *Encyclopedia of Marine Mammals*, 2. Ausgabe, Amsterdam (Elsevier) 2009, 654.

erklären. Der springende Punkt dabei ist – das legen Computerexperimente mit technischen Multiagentensystemen nahe –, dass eine <Unterkomplexität> und begrenzte Reichweite der zwischen den Individuen übertragenen Informationen konstitutiv für die instantanen Selbstorganisationsprozesse der Vielheiten in Zeit und Raum ist.

Die Kommunikationsinfrastrukturen von Orcas und Fischen werden somit auf der Basis eines Denkens vergleichbar, das sich von (vermeintlichen) <natürlichen Gegebenheiten> und erst recht von jeglichen Anthropomorphismen erst hatte lösen müssen, um von ganz anderer Warte aus den Blick auf biologische Kollektive zu schärfen. Denn wenn mit dem aus der Robotik stammenden Begriff der SI die Selbstorganisationsfähigkeiten technischer und biologischer Vielheiten erforscht werden, wird erstens der bei Lilly vorgeschlagene Blick auf die Interaktionsmechanismen zwischen Einzelwesen wie Delfinen auf Kollektivphänomene ausgeweitet, sodass sowohl in der Biologie als auch in der Informatik Systemtiere virulent werden, die stets auf einen Plural verweisen. Mit ihnen kann dem Steuerungswissen tierischer und technischer <Multiagentensystemen> nachgegangen werden. Ein solches Interesse resultiert aus dem Wunsch, multimodale, dynamische Prozesse in menschlichen, soziopolitischen Bereichen wie z.B. der Logistik- und Produktionsplanung, der Panikforschung, in Bezug auf Aktienmärkte oder in der Epidemiologie mittels Computersimulationen zu modellieren. Zweitens jedoch wird dabei genau jene instantane, sich ständig aktualisierende Selbstorganisationsweise von Schwärmen relevant, die bei Lilly noch als Gegenmodell <richtiger Intelligenz> erhalten musste.

Um Prozesse zu simulieren, die einer strikten mathematischen Analyse zunächst unzugänglich sind, wurde ein Programmierparadigma entwickelt, das auf einer Strategie der *Synthese* beruht. Dieser agentenbasierte und objektorientierte Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass er das komplexe Verhalten von Systemen modellhaft erzeugt, indem er eine große Anzahl <autonomer Agenten> mit bestimmten, lokal definierten Fähigkeiten und einem <Verhaltensrepertoire> ausstattet. Erst indem die so bestimmten Agenten auf der Zeitachse einer Simulationsumgebung in Interaktion treten, entwickeln sich die globalen Eigenschaften und Potenziale des Gesamtsystems. Agentenbasierte Computersimulationen (ABMS) folgen damit jenem *KISS-Principle*, das Robert Axelrod aus dem Jargon der *US Army* in die Simulationstheorie importiert hat: «Keep it simple, stupid.»<sup>31</sup> Einfache lokale Verhaltensregeln zeitigen ein komplexes, oft unvorhersagbares Systemverhalten. Und durch die differenzielle Evaluation konkurrierender, durchgespielter Szenarien mit alterierenden lokalen Parameterkombinationen lassen sich Schlüsseigenschaften identifizieren, die



**Abb. 7 a/b** Sonaraufnahmen des Jagdverhaltens von Orcas: Abtrennen und an die Oberfläche treiben eines Teils eines in Grundnähe befindlichen Heringsschwarms

<sup>31</sup> Robert Axelrod, *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton (Princeton University Press) 1997, 5.

autonome Agenten mitbringen müssen, um ein bestimmtes Globalverhalten zu evozieren. Agentenbasierte Ansätze liegen somit quer zu hergebrachten epistemischen Verfahren:

<sup>32</sup> Ebd., 3–4.

<sup>33</sup> Ebd., 5.

<sup>34</sup> Joshua M. Epstein, Robert L. Axtell, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, Cambridge (MIT Press) 1996, 20.

<sup>35</sup> Vgl. Frederick Brooks, No Silver Bullet, in: *IEEE Computer* 20/4 (1987), 10–19. Brooks unterscheidet dort das Growing-Paradigma vom Writing in der Frühphase der Computerentwicklung (wo die bestmögliche Ausnutzung knapper Rechenressourcen im Vordergrund stand) und dem Building von Top-Down-Methoden struktureller Programmierung. Vgl. hierzu auch Jörg Pflüger, Writing, Building, Growing. Leitbilder der Programmiergeschichte, in: Hans-Dieter Hellge (Hg.), *Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive*, Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 2004, 275–319.

<sup>36</sup> Vgl. hierzu exemplarisch William T. Reeves, Particle Systems – A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects, in: *ACM Transactions on Graphics* 2/2 (1983), 91–108; Dimitri Terzopoulos, Xiaoyuan Tu, Radek Grzeszczuk, Artificial Fishes: Autonomous Locomotion, Perception, Behavior, and Learning in a Simulated Physical World, in: *Artificial Life* 1/4 (1994), 327–351; Craig W. Reynolds, Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model, in: *Computer Graphics* 21/4 (1987), 25–34.

<sup>37</sup> Vgl. John von Neumann, *Theory of Self-Reproducing Automata*, hg. und vervollst. von Arhur W. Burks, Urbana (University of Illinois Press) 1966.

<sup>38</sup> Gerardo Beni, From Swarm Intelligence to Swarm Robotics, in: Erol Sahin, William M. Spears (Hg.), *Swarm Robotics*, New York (Springer) 2004, 3–9, hier 3. Beni selbst schreibt das genannte Zitat einer Wortmeldung von Alex Meystel zu.

<sup>39</sup> Vgl. z. B. Eric Bonabeau, Marco Dorigo, Guy Theraulaz, *Swarm Intelligence. From Natural to Artificial Systems*, New York (Oxford University Press) 1999.

<sup>40</sup> Vgl. z. B. James Kennedy, Russel C. Eberhart, Particle Swarm Optimization, in: *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, IEEE Service Center (Piscataway) 1995, 1942–1948.

[It] is a third way of doing science. Like deduction, it starts with a set of explicit assumptions. But unlike deduction, it does not prove theorems. Instead, an agent-based model generates simulated data that can be analyzed inductively. Unlike typical induction, however, the simulated data come from a set of rules rather than direct measurement of the real world. Whereas the purpose of induction is to find patterns in data and that of deduction is to find consequences of assumptions, the purpose of agent-based modeling is to aid intuition.<sup>32</sup>

Eine gewisse Simplizität des Modells ist Voraussetzung dafür, noch identifizieren zu können, worin genau die Änderungen globaler Verhaltensmuster auf interindividueller Ebene gründen.<sup>33</sup> Dies impliziert eine grundlegende epistemologische Verschiebung. Die Komplexitätsforscher Joshua Epstein und Robert Axtell bringen dies auf den Punkt: «[ABMS] may change the way we think about explanations [...]. Perhaps one day people will interpret the question, <Can you explain it?> as asking <Can you grow it?>»<sup>34</sup> Diese epistemologische Verschiebung materialisiert sich technisch in einem auf selbstorganisierende Prozesse abzielenden Programmierparadigma, das der Computerwissenschaftler Frederick Brooks 1994 als eines der *growings* evolutionärer Softwareentwürfe beschreibt, dessen Applizierbarkeit sich in Abhängigkeit von stetig steigenden Rechenressourcen verbessert.<sup>35</sup>

Dabei ist ein Rückgriff auf biologische Prinzipien bereits begrifflich angelegt. Es lassen sich vielfältige medienhistorische Bezüge zu Ergebnissen aus dem Bereich der Schwarmforschung rekonstruieren, gerade auch, was die computergrafischen Visualisierungsverfahren angeht, die den intuitiven Umgang mit den Modellen erst ermöglichen. Einschlägig sind in diesem Zusammenhang etwa die *Particle Systems* von William T. Reeves, die künstlichen Aquarienwelten von Dimitri Terzopoulos und vor allem die Vogel- und Fischeschwarm-Animationsmodelle von Craig Reynolds.<sup>36</sup> Eine zweite mediengeschichtliche Linie führt zurück zum *Artificial Life* auf Basis zellulärer Automaten – und damit bis hin zu John von Neumanns Automatentheorie.<sup>37</sup> Und auch von ingenieurstechnischer Seite wurde der Begriff der SI im Zusammenhang von Kollektiven gemeinsam operierender Roboter mit technisiertem Leben gefüllt. Als auf einem NATO-Robotik-Workshop im Jahr 1988 Gerardo Beni und Jing Wang eine Kurzpräsentation zum Thema *cellular robots* hielten, wurde in der anschließenden Diskussion die Forderung nach einem *buzzword* laut: «to describe that sort of <swarm>».<sup>38</sup> Beni und Wang nahmen diese Anregung auf und veröffentlichten ihr Paper unter dem Titel *Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems*: Ein Begriff ist geprägt, der zunächst im Zusammenhang von biologischen Studien<sup>39</sup> und von mathematischen Optimierungsproblemen<sup>40</sup> seine Dynamik entfaltet, bevor er auch in der Robotik selbst stärker in den Vordergrund tritt. Orientieren sich

Forschungen zu distribuierten Roboterkollektiven anfangs noch an biologischen Forschungen zu sozialen Insekten, so gewinnen mit Überlegungen beispielsweise zu militärischen Systemen von *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) oder zivilen Unterwasserfahrzeug-Verbänden Bezüge zu den vierdimensional operierenden Kollektiven von Fisch- und Vogelschwärmen in letzter Zeit stark an Relevanz.<sup>41</sup>

Auch im Kontext dieser Forschung interessiert, wie aus einem System aus einfachen, autonom agierenden Einheiten, die nur auf kurze Distanz kommunizieren und ohne übergreifende Taktung und zentrale Steuerung operieren sollen, kollektive Strukturen entstehen können.<sup>42</sup> Die Vorteile eines solchen Konzepts liegen – jedenfalls theoretisch – in seiner größeren Robustheit, einer gesteigerten Flexibilität und seiner Skalierbarkeit im Vergleich zu zentral gesteuerten, komplexeren Einzel-Robotern. Kurz: «[U]sing swarms is the same as <getting a bunch of small cheap dumb things to do the same job as an expensive smart thing>».<sup>43</sup> Durch die große Anzahl einfacher Elemente verringert sich die Ausfallwahrscheinlichkeit und erhöht sich die Redundanz des Systems. Hinzu kommt eine Multiplikation der sensorischen Eigenschaften: «[D]istributed sensing by large numbers of individuals can increase the total signal-to-noise ratio of the system.» Die Leistungsfähigkeit technischer Anwendungen erhöht sich aufgrund von Charakteristika, die in der Evolutionsbiologie als konstitutive Vorteile der Schwarmbildung diskutiert werden.<sup>44</sup> Durch die Möglichkeit zu verschiedenen zeit-räumlicher Anordnungen können Schwarm-Roboter selbsttätig modularisierte Lösungen für diverse Problemlagen entwickeln, ohne explizit dafür programmiert worden zu sein. Sie sind in der Lage, sich an unvorhersehbare und zufällige Änderungen in der Systemumwelt anzupassen. Und schließlich lassen sie sich zu unterschiedlich großen Kollektiven skalieren, ohne dass die Funktionsfähigkeit des Systems davon beeinträchtigt würde.<sup>45</sup>

Als *Zootechnologie* heben diese Systeme die Beziehung von Tier, Mensch und Maschine auf eine neue Ebene. Trafen sich einander fremde Arten 1960 in einem medienhistorischen Dispositiv namens Computer, so gilt dies erst recht für Agentensimulationen und <Schwarmintelligenz>: Denn in einer rekursiven Verschränkung werden hier selbstorganisierende Prozesse auf Prozesse der Selbstorganisation angewandt (z. B. in der Schwarmforschung), um überhaupt einen konzisen Begriff von SI zu konstruieren. Und diese Prozesse sind wiederum aus einem (lückenhaften) empirischen biologischen Vorwissen gespeist, das sie jedoch als Programmierparadigma erst denkbar werden ließ. Das Andere erscheint dabei nicht als eine Differenzierungsfigur, sondern als ein unscharfer Bereich multipler differenzieller Mikroereignisse, als eine Zone der organisatorischen Intransparenz und des regelungstechnischen Nichtwissens. Diese Leerstelle kann nur mit einer computergestützten, simulatorischen Verhaltenswissenschaft auf Basis biologischer Forschungen operationalisiert werden. Eine Verhaltenswissenschaft, die mit ihrem Fokus auf Informationsbeziehungen innerhalb von Agentensystemen biologische wie soziopolitische, ökonomische wie technische Regelungsprobleme adressieren kann.

<sup>41</sup> Vgl. Joshua J. Corner, Gary B. Lamont, Parallel Simulation of UAV Swarm Scenarios, in: R. G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, B. A. Peters (Hg.), *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, 355–363, hier 355.

<sup>42</sup> Vgl. Beni, *Swarm Intelligence to Swarm Robotics*, 153.

<sup>43</sup> Corner, Lamont, *UAV Swarm Scenarios*, 355.

<sup>44</sup> Erol Sahin, *Swarm Robotics, From Sources of Inspiration to Domains of Application*, in: ders., William M. Spears (Hg.), *Swarm Robotics*, New York (Springer) 2004, 10–20, 11.

<sup>45</sup> Sahin, *Domains of Application*, 11.

#### IV. Schluss

So unterschiedlich John C. Lillys *«brainstorming»* des *Großen Tümmlers* oder die späteren Überlegungen zu Phänomenen der SI von ihrer Anlage her sein mögen und so verschieden auch ihre jeweilige Genealogie sein mag, so treffend vermögen sie doch eine spezifische Kopplung von Mensch, Tier und (Rechen-)maschine vorzuführen. Ihrer ontologischen Nivellierung durch das Denken und die Sprache der Kybernetik ist dabei ein medienhistorisches und medientechnisches Dispositiv entgegenzuhalten, das an der Stelle des Tieres ein *anderes* Anderes einsetzt. Demzufolge können Tiere in den hier betrachteten Szenen überhaupt erst durch einen grundlegenden Entzug ihrer Natürlichkeit für technische Anwendungen operativ gemacht werden. Nicht durch das Tier wird deutlich, was Komplexität bei Menschen und Maschinen heißen mag. Vielmehr ist es ein computertechnisch geschulter Blick auf das Tier, der ihm eine operative Stelle zuweist, von der aus es als Amalgam aus biologischem Wissen und maschinellem Funktionieren rekursiv neue Kompatibilitäten zwischen Hardware, Software und Wetware erzeugen kann.

*Otherness* generiert sich damit ebenso wenig aus den ontologischen Grenzen zwischen Mensch, Tier und Maschine wie aus deren kybernetischer (oder emanzipatorischer) Gleichschaltung, sondern aus jenen vexierbildhaften, abstrahiert-systematischen Kopplungen zwischen Zoologie und Computertechnik, die sich über die Wissensfigur *«rechnender Tiere»* gegenseitig informieren. Heraus kommt eine Zoologie des Computers, die sich nur mehr auf Zootechnologien berufen kann – auf Zootechnologien, deren Operieren neue epistemische Prozesse in Gang brachte und bringt.

---