

# **Schwarmintelligenz**

## **Effizienz allein ist zu wenig**

Gunter Heim

Begleittext zu einem Vortrag

Gehalten im Rahmen einer Tagung der Vennland-Akademie  
für philosophische Erwachsenenbildung

### **66. Wochenendtagung: Moderne und Technikentwicklung in der Bewertung der Philosophie**



**Arnold Janssen Klooster te Wahlwiller  
Niederlande**

**16.-17. Juni 2012**

# Inhaltsverzeichnis

Einführung.....	1
Komplexität als Unbehagen.....	2
Der Schwarm als gesellschaftliches Leitbild?.....	2
Die Schwarmintelligenz in der Naturwissenschaft.....	4
Die Schwarmintelligenz in der Robotik.....	7
Effizienz und Anpassungsfähigkeit als Werte „an sich“.....	8
Einschub: Mathematische Modelle.....	11
Von der Beschreibung zur Gestaltung.....	12
Die Idee kollektiver Intelligenz im historischen Abriss.....	13
Schwarmintelligenz: einige ethisch motivierte Fragen.....	15
Schlussgedanke.....	19

Zum Bild auf der Titelseite: vorne links das  
Arnold Janssen-Kloster mit Blick über das  
Geultal, nahe Wahlwiller (NL), 2012.

Das Bild auf der letzten Seite stammt aus  
einer der Burgkapellen der Burg Hohenzollern.

„Ameisen und Bienen machen es vor: Auch wenn  
es keine zentrale Steuerung oder Intelligenz gibt,  
erledigen sie ihre Aufgaben hervorragend. Ein  
Erfolgsrezept, mit dem inzwischen auch Unter-  
nehmen und Organisationen experimentieren.  
Nach dem Netzwerk kommt der Schwarm!“  
Andreas Neef, Z\_punkt GmbH, 2003

© Dr. Gunter Heim, 2012  
Vennland-Akademie für philosophische  
Erwachsenenbildung, begründet von  
Univ. Prof. Dr. Vincent Berning, RWTH Aachen  
[www.vennland-akademie.de](http://www.vennland-akademie.de)

## **Vorwort**

Der nachfolgende Text dient als Ergänzung zu einem Vortrag über die Schwarmintelligenz, gehalten im Rahmen einer Tagung der Vennland-Akademie für philosophische Erwachsenenbildung.

Während es mir in dem Vortrag vom 16. Juni 2012 um eine anschauliche Darstellung der Idee der Schwarmintelligenz und ihrer Wirkmächtigkeit in der Gegenwart ging, sollen hier ergänzend beispielhafte Einstiegspunkte in die aktuelle Forschungslandschaft sowie in die Ideengeschichte kollektiver Intelligenz angeboten werden. Dazu dienen vor allem die Fußnoten.

Mit dem Vortrag zur Schwarmintelligenz wurde die Argumentation von zwei Vorträgen zur Kosmologie (61te und 62te Wochendentagung) aus dem Jahr 2010 sowie von einem Vortrag über naturalistische Deutungen des Bösen aus diesem Jahr (65te Wochenendtagung) fortgeführt: Ein überzeugendes Weltbild muss die Ergebnisse der Naturwissenschaften einbeziehen können. Um aber zu einer befriedigenden Weltanschauung zu gelangen, bedarf es darüberhinaus weiterer Erkenntnisquellen als rein empirischer Forschung.

## Einführung

Seit etwa dem Jahr 2000 ist Schwarmintelligenz ein fester Begriff in den Medien. Meist im Rückgriff auf das Vorbild sozialer Insekten werden Vorschläge zur Gestaltung unseres Zusammenlebens gemacht. Von der Verkehrsflußsteuerung über die Mitarbeitermotivation bis zur Formulierung von Unternehmensleitlinien und volkswirtschaftlichen Prinzipien soll uns die Natur Wege zur Beherrschung von Komplexität und hin zu einem harmonischeren Zusammenleben weisen. Das Versprechen aber ist im Kern faul. Die Visionen entspringen einem naiv-romantisierendem Naturverständnis. Suggestionen von Leistung, Anpassungsfähigkeit, Teamgeist, Harmonie, Kreativität und Selbstbestimmung verschmelzen zur Utopie eines Einklangs von kollektiver Effizienz und individueller Wohlfahrt. Doch das Verhältnis vom Wohl der Gruppe zum Wohl des Individuums wäre kaum eine der Großen philosophischen Fragen, wenn ein Studium von Insektenstaaten die Antwort böte.

Seit Mitte der 1990er Jahre hat sich eine international gut organisierte Forschungsgemeinde um die Idee kollektiver Intelligenz etabliert. Die Ergebnisse aus verschiedensten Fachgebieten von der Biologie über die Humanwissenschaften bis zur Informatik und den Ingenieurdisziplinen fließen in mathematisch-algorithmischen Prinzipien zur Effizienzsteigerung von Gruppen zusammen.

Der wissenschaftliche Begriff der Schwarmintelligenz ist eng an die Ideen der Anpassungsfähigkeit und Effizienz im Kontext einer darwinistischen Evolution gekoppelt. Dem Individuum kann es demnach nur gut gehen, wenn auch das Kollektiv erfolgreich ist. Doch der Umkehrschluss ist irreführend. Der Erfolg der Gruppe führt nämlich nicht automatisch zur Wohlfahrt der Individuen. Das Gegenteil ist der Fall: Die Mechanismen kollektiver (Schwarm)Intelligenz setzen geradezu voraus, dass die Individuen konsequent dem Wohl des Ganzen untergeordnet werden.<sup>1</sup> Unser individuelles Wohl wird ganz davon bestimmt, welchen Nutzen wir einer mächtigen Gruppe versprechen können.

Man sollte vorsichtig sein, ohne äußere Not die Prinzipien einer evolutionären Natur auf unsere Gesellschaft zu übertragen. Die faszinierenden Resultate aus der aktuellen Forschungslandschaft sollten weniger dazu dienen, unser Leben nach dem Vorbild einer zur ewigen Konkurrenz getriebenen natürlichen Evolution zu gestalten. Vielmehr sollten die sehr plausiblen Ergebnisse der Forschungen die Demut vor unserer kreatürlichen Herkunft fördern und uns gleichzeitig dazu ermutigen, uns von dieser Herkunft zu emanzipieren. Diesen Gedanken als denkwert erscheinen zu lassen ist das Ziel des nun folgenden Vortrages.

---

1 Mir ist keine bessere Darstellung der unentwirrbaren Kopplung von Gruppeneffizienz und individuellem Leid bekannt als Howard Blooms Bücher *Das Luzifer Prinzip* (The Lucifer Principle : A Scientific Expedition into the Forces of History. New York, NY: Atlantic Monthly Press, 1995.) und *Global Brain. Die Evolution sozialer Intelligenz*. Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart . 1. Auflage, 1999.

## Komplexität als Unbehagen

Welche Herausforderungen sehen Spitzenführungskräfte für das 21te Jahrhundert? So lautete die Leitfrage einer im Jahr 2012 veröffentlichten Studie mit dem Titel *Jeder für sich und keiner fürs Ganze*<sup>2</sup>. Hier ein typisches Zitat eines Unternehmers:

„Alles verändert sich täglich. Man muss ständig das Wissen erneuern. Alles wird immer komplexer und übergreifender. Man sieht immer nur so kleine Teilaspekte. Das große Ganze kann man wahrscheinlich als Mensch gar nicht rational verstehen, weil alles einfach zu komplex geworden ist.“

Die Produktionslogistik ist ein anschauliches Beispiel, was dies konkret bedeuten kann. Ein Professor schreibt über sein Fachgebiet:

„Logistiker werden zunehmend zum Opfer selbst geschaffener Komplexität. Zunehmende Variantenvielfalt bei gleichzeitiger Akzeptanz von späten kundenseitigen Änderungswünschen, abnehmende Produktionszyklen bei gleichzeitiger Bedienung aller erdenklichen Marktnischen, Outsourcing und Global Sourcing innerhalb bestandsarmer Lieferketten: Wir machen uns das Leben schwer und zerstören die Bedingungen von Planbarkeit schneller, als wir die Qualität unserer Planungsinstrumente verbessern können. Wer vor diesem Hintergrund das jüngst proklamierte Fünf-Tage-Auto als Vision einer perfekten Logistik preist, verstärkt diese Komplexität ohne Not um eine weitere Dimension.“<sup>3</sup>

Soweit zwei Zitate. Komplexität bedeutet hier: Es gib keine Einzelperson oder auch keine ansprechbare Gruppe mehr, die die Dinge „im Griff hat“. Die Dinge laufen ab. Dieser Umstand wird von manchen Personen als Problem empfunden. Zu einer Lösung soll die Idee der Schwarmintelligenz beitragen.

## Der Schwarm als gesellschaftliches Leitbild?

Der Zukunftsforscher Ben Rodenhäuser schrieb um 2008: „Die Strukturen, die wir schaffen, wachsen uns in immer mehr Bereichen über den Kopf. In hyperkomplexen Systemen, die sich nicht mehr per Kommandowirtschaft steuern lassen, kann Schwarmverhalten die rettende Lösung darstellen.“<sup>4</sup>

Seit etwa 2000 finden sich immer wieder populäre Darstellungen der Schwarmidee in den Medien.<sup>5</sup>

---

2 Online veröffentlichte qualitative Studie: *Jeder für sich und keiner fürs Ganze?* WZB Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung und andere, 2012.

3 Prof. Dr. Wolf-Rüdiger Bretzke, zitiert in einem Folienvortrag von Univ. Prof. Dr. Corinna Engelhardt-Nowitzki: Der elfseitige Vortrag ist mit dem Datum 22. April 2008 versehen und dem Lehrstuhl Industriellistik der Montanuniversität Leoben zugeordnet.

4 Ben Rodenhäuser, Schauspiel Essen, Spielzeit 07/08, Grillo 05.

5 Beispiele: Titelseite des *blickmagazin* der evangelischen Kirche Kurhessen Waldeck, Sept. 2005; Rheingold,

- Automomobile sollen unmittelbar untereinander kommunizieren und den globalen Verkehrsfluss optimieren<sup>6</sup>
- Schlummernde Potenziale von Mitarbeitern in Unternehmen sollen durch den Schwarmgedanken geweckt werden.<sup>7</sup>
- Soziale Netzwerke sollen sich mit Hilfe von Schwarmtechnologien koordinieren und effizienter handeln.<sup>8</sup>

Dabei gibt es keine zentrale Steuerung. Doch wie findet der Schwarm die optimale Lösung ohne dass einige Mitglieder einen Gesamtüberblick haben? Gehen wir gut 200 Jahre zurück ins 18te Jahrhundert.

Ein häufig angeführtes Beispiel für eine funktionierende Schwarmintelligenz ist die Marktwirtschaft. Nach Adam Smith gibt es eine „unsichtbaren Hand“, die aus den begrenzten Sichten der Einzelnen auf wundersame Weise das Beste für alle werden lässt. In seinem 1776 erschienenen Werk *Über den Wohlstand der Nationen* schreibt Smith:

„[Der einzelne Kaufmann] verfolgt nicht den Zweck des Gemeinwohls noch weiß er, was er dazu beiträgt. Er verfolgt nur seinen eigenen Gewinn. Darin und in anderen Dingen wird er gleichsam von einer unsichtbaren Hand zu einem Zweck hin geleitet der nicht Teil seiner Absichten ist.“<sup>9</sup> Dies ist die Kernidee der Schwarmintelligenz. Niemand muss sich um das Ganze kümmern und doch funktioniert alles bestens.

Als Vorbild soll die Natur dienen<sup>10</sup>. Dazu der Zukunftsforscher Andreas Neef:

---

Howard: *Smart Mobs. The Next Social Revolution*. Basic Books, 2002; Blüchel, Kurt G. und Sieger, Helge: *Krisenmanagerin Natur - Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können*. DWC Medien. 2009; Otto, Klaus-Stephan: *Darwin meets Business - Evolutionäre und bionische Lösungen für die Wirtschaft*, Gabler-Verlag 2011.

6 Projekt BeeJamA-Projekt der TU Dortmund, Fakultät für Informatik, Lehrstuhl 3. Der Webpräsenz entnommen im Juni 2012.

7 Ein Beispiel: Am 23. und 24. April 2012 fand in München ein zweitägiges Seminar mit dem Titel „Leistungssteigerung & Innovation durch Schwarmintelligenz. So machen Sie Ihr Unternehmen noch erfolgreicher“ statt. Die Kosten pro Person lagen bei 1895€. Anbieter war die Management Circle AG aus Eschborn bei Frankfurt. Das Beispiel belegt den gegenwärtigen Marktwert der Schwarmidee.

8 Ein Artikel mit dem Titel *Schwarmintelligenz: Der schlaue Mob* führte die per Handys und Computer vernetzten Regierungsgegner in arabischen Ländern als Beispiel für einen intelligenten Schwarm an. Quelle: [http://www.planet-wissen.de/natur\\_technik/computer\\_und\\_roboter/internet/internet\\_schwarmintelligenz.jsp](http://www.planet-wissen.de/natur_technik/computer_und_roboter/internet/internet_schwarmintelligenz.jsp).

9 Adam Smith: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Erstausgabe 1776. Übersetzung von mir. Original: „He generally, indeed, neither intends to promote the publick interest, nor knows how much he is promoting it ... he intends only his own gain, and he is in this, as in many other cases, led by an invisible hand to promote an end which was no part of his intention. Nor is it always the worse for the society that it was no part of it. By pursuing his own interest he frequently promotes that of the society more effectually than when he really intends to promote it. I have never known much good done by those who affected to trade for the publick good. It is an affectation, indeed, not very common among merchants, and very few words need be employed in dissuading them from it.“

10 In einer Buchbeschreibung auf der Webseite des Online-Buchhandels Amazon (entnommen Juni 2012) heißt

„Ameisen und Bienen machen es vor: Auch wenn es keine zentrale Steuerung oder Intelligenz gibt, erledigen sie ihre Aufgaben hervorragend.“<sup>11</sup> Betrachten wir also Schwärme in der Natur.

### Die Schwarmintelligenz in der Naturwissenschaft

Das klassische Modell für Schwarmintelligenzen sind die Staaten sozialer Insekten. Die Leistungen der Insektenvölker gehen augenscheinlich weit über die kognitiven Fähigkeiten eines jeden einzelnen Individuums hinaus.

In Australien gibt es die sogenannten Magnetic Termite Mounds. Die Termiten errichten bis zu 4m hohe, senkrecht über den Boden aufragende Platten. Die Bauten sind stets in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet. Als Grund für diese bemerkenswerte Architektur werden unter anderem der Schutz vor Überflutungsereignissen, eine bessere Nestbelüftung und eine geeignete Wärmesteuerung des Hügels diskutiert.<sup>12</sup> Würde man in einem Gedankenexperiment eine einzelne Termite danach fragen, warum sie Baustoff an genau diese und nicht jene Stelle anfügt, so würde sie wohl kaum mit Wärmehaushalt, Ventilation und der Wasserhöhen bei Regen argumentieren. Dennoch resultieren aus dem lokalen und verteilten Handeln komplexe und gut an die Umwelt angepasste Verhaltensweisen. Diese sogenannte Emergenz von Komplexität aus der Interaktion von simplen Einzelagenten fasziniert viele Wissenschaftler. Sie suchen nach den Prinzipien hinter diesem Phänomen.

Ein Bienenschwarm als Ganzes betrachtet muss die Entscheidung treffen, ob Sammlerbienen vorrangig nur gute oder auch weniger ergiebige Nektarquellen (z. B. Blütenfelder) anfliegen.<sup>13</sup> Um diese Frage entscheiden zu können, benötigt der Schwarm einen „Überblick“ über die momentane Bedarfs- und Angebotslage. Gibt es nur wenige gute Quellen, lohnt es sich, auch schlechte Quelle anzufliegen. Gibt es jedoch noch ungenutzte ergiebige Quellen, wäre es eine Ressourcenvergeudung, schlechte Quellen zu nutzen.<sup>14</sup> Wie kommt der Schwarm nun zu einem Gesamtbild?

---

es: „Top-Entscheider aus Wirtschaft und Gesellschaft haben der Bio-Logik staatenbildender Insekten schon eine Reihe hilfreicher Tricks entnehmen können.“ Weiter heißt es: „Die vielfach ausgezeichneten Wissenschaftsjournalisten Kurt G. Blüchel und Helge Sieger machen hier in Zusammenarbeit mit international renommierten Naturwissenschaftlern und Wirtschaftsexperten praxisorientierte Vorschläge, wie Wirtschaft und Gesellschaft von den Strategien der Evolution – insbesondere auch im Hinblick einer raschen Bewältigung der gegenwärtigen Krise – profitieren können.“ (zu Blüchel/Sieger: *Krisenmanagerin Natur - Was Wirtschaft und Gesellschaft vom erfolgreichsten Unternehmen aller Zeiten lernen können*. DWC Medien. 2009.

11 Andreas Neef, Z\_punkt GmbH, Köln, 2003. [http://www.changex.de/Article/article\\_924](http://www.changex.de/Article/article_924).

12 Sie zum Beispiel: *The biological significance of Magnetic Termite mounds*. Anna M. Schmidt and Judith Korb. Biologie I, University of Regensburg, Universitätstrasse 31, Regensburg. Vortrag auf: International Union for the Study of Social Insects, 1 August 2006.

13 Siehe zum Beispiel: Carl Anderson und Francis L. W. Ratnieks: *Worker allocation in insect societies: coordination of nectar foragers and nectar receivers in honey bee (Apis mellifera) colonies*. In: Behavioral Ecology and Sociobiology. Volume 46, Number 2 (1999), 73-81.

14 Das Beispiel lässt sich auf die Ökonomie übertragen: Sind die generellen Renditemöglichkeiten am

Die Antwort kann durch einen einfachen Mechanismus geliefert werden, bei dem keine einzelne Biene mehr als nur ihren kleinen Lebensausschnitt betrachten muss.<sup>15</sup> Heimkehrende Sammlerbienen (forager bees) übergeben ihren gesammelten Nektar an spezialisierte Bienen, die den Nektar innerhalb des Stocks verteilen (receiver bees). Die Anzahl dieser Annahmebienen ist begrenzt. Gibt es nun im Umfeld des Stocks ein großes Nektarangebot, werden viele erfolgreiche Sammlerbienen heimkehren. Diese müssen dann entsprechend lange warten, bis ihnen der Nektar abgenommen wird: Lange Wartezeiten = gute Angebotslage. Ist aber das Nektarangebot um den Bienenstock schlecht, sind die Sammlerbienen länger unterwegs. Die wenigen heimkehrenden Bienen bekommen dann ihren Nektar vergleichsweise schnell abgenommen: Kurze Wartezeiten = schlechte Angebotslage. Die lokale Wartezeit stellt also ein Maß für das globale Angebot dar. In Kombination dieser Wartezeit mit einer Erinnerung an die Qualität ihrer letzten Nektarquelle kann eine Sammlerbiene dann entscheiden, wie gut ihre letzte Quelle im Vergleich mit den Quellen anderer Bienen war und ihr Verhalten daran ausrichten.

Für die Wegstreckenoptimierung hat sich das Vorbild der Ameisen als ergiebig erwiesen. Wie kann man ohne Überblick aus verschiedenen möglichen Wegen den kürzestens herausfinden? Nach einer gewissen Anlaufzeit finden Ameisen mit Hilfe von Duftstoffen fast immer den kürzesten Weg zwischen einer Futterquelle und ihrem Nest. Die Ameisen sondern dabei einen Duftstoff auf dem Boden ab, der sich mit der Zeit verflüchtigt. Diese sogenannten Pheromone spielen eine zentrale Rolle dabei, wie eine große Anzahl von Ameisen ohne direkte Kommunikation der Individuen untereinander dennoch als Schwarm von vielen möglichen Wegen den kürzesten finden. Die Kommunikation erfolgt indirekt über die Veränderung der Umwelt (Stigmergie). Die mathematischen Algorithmen zur Modellierung dieser Schwarmfähigkeit finden unter anderem Anwendung in der Konzipierung des Verhaltens militärisch eingesetzter Drohnen.<sup>16</sup>

In der naturwissenschaftlichen Abstraktion kann der Schwarm aus beliebigen ähnlichen Individuen bestehen. Individuen können zum Beispiel Insekten, Zellen innerhalb eines Organismus, Computerprogramme (Agenten), Roboter oder LKWs sein.<sup>17</sup> So lassen sich die an Insekten gewonnenen Prinzipien auf andere

---

Finanzmarkt und den Börsen gut, dann lohnt es sich unter Umständen, Kapital von Unternehmen abzuziehen, die zwar mit Gewinn wirtschaften, aber deren Rendite unter der Rendite konkurrierender Anlagemöglichkeiten liegt. Der Abzug von Kapital aus an sich profitablen Unternehmen wird häufig als Beispiel für die Widersinnigkeit des kapitalistischen Wirtschaftssystems angeführt. Aus Sicht einer kollektiven Intelligenz betrachtet, stünde das Beispiel für eine erfolgreich funktionierende Optimierungsstrategie.

15 Das Beispiel stammt aus: Hirsch, A. E.; Gordon, D. M.: *Distributed problem solving in social insects*. In: *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence* 31: 1-5. (Ant Robotics). Kluwer Academic Publishers. 2001.

16 Eine bemerkenswerte Anwendung ist die Koordination von unbemannten Drohnen mit Hilfe digitaler Pheromone (Duftstoffe). Siehe z. B. Walter, Bryan et al.: *UAV Swarm Control: Calculating Digital Pheromone Fields with the GPU*. In: *JDMS*, Volume 3, Issue 3, July 2006 Pages 167–176.

17 Thematisch wird die Schwarmintelligenz als eine Sonderfall kollektiver bzw. komplexer adaptiver Systeme betrachtet. Während komplexe adaptive Systeme eine zentrale Steuerung aufweisen können und aus



Realitätsbereiche übertragen; der klassische Reiz naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns.

So sollen auch die Leistungen des Gehirns aus einer vergleichsweise einfachen Wechselwirkung der einzelnen simplen Gehirnzellen abgeleitet werden.<sup>18</sup> Jede Nervenzelle im Gehirn (Neuron) hat einen Signalausgang, der sich zu vielen anderen Neuronen verzweigt. Feuert ein Neuron ein elektrisches Signal durch diesen Ausgang, das Axon, so erreicht das Signal sehr viele Adressaten-Neuronen. Ob ein eingehendes Signal aber ins Innere des Zielneurons weitergeleitet wird, hängt vom momentanen Chemismus der Schnittstelle, dem synaptischen Spalt ab. Dieser kann mehr oder weniger leitfähig sein. Ob ein Neuron selbst feuert oder nicht hängt davon ab, wie groß die Summe der eingehenden Signale ist. Diese wird dann intern im Neuron verrechnet. Je nach Resultat feuert das Neuron oder eben nicht. Lernprozesse werden durch eine systematische Veränderung der Leitfähigkeit der Synapsen (z. B. back propagation) erreicht. Die mathematische Modellierung ist recht übersichtlich und leicht in einem Computer nachzubilden. Es sind nur einige Additionen, Multiplikationen und Potenzoperationen nötig, um ein selbst lernendes neuronales Netz zu bauen. Solche Netze können beispielsweise anhand von gezeigten Photographien lernen, ob ein Gesicht männlich oder weiblich ist. Wieder emergiert die Gesamtleistung erst aus der Wechselwirkung der Individuen.<sup>19</sup>

Als weiteres Beispiel für eine kollektive Intelligenz kann die darwinistische Evolution betrachtet werden. Auch hier liegt ein vergleichsweise simpler Mechanismus zugrunde.

Von einer größeren Anzahl ähnlicher Individuen sind manche besser an ihre Umwelt angepasst als andere. Bessere Anpassung ist hier gleichgesetzt mit Vermehrungsfähigkeit. Stellen wir uns Finken mit einem spitzen Schnabel vor. Sie sind gut daran angepasst, Insekten aus Löchern herauszupulen. Finken mit einem kurzen aber kräftigen Schnabel hingegen wären besser an das Knacken harter Nüsse oder Samen angepasst. Ändert sich das Futterangebot im Laufe der Zeit, entscheidet die passende Schnabelform mit über die Fähigkeit, viele Kinder erfolgreich aufzuziehen. Mit der Zeit werden entweder die kurzen oder die langen Schnäbel vorherrschen. Das Kollektiv „lernt“ die bessere Schnabelform, ohne dass ein einzelner Fink davon etwas mitbekäme. Die ist der Kern der naturwissenschaftlichen Definition der

---

unterschiedlichen Komponenten bestehen dürfen, bezieht sich der engere Begriff der Schwarmintelligenz auf dezentral koordinierte Kollektive mehr oder minder gleichförmiger Individuen. Das Verkehrsgeschehen in einer Stadt ließe sich als Kollektiv aus Autofahrern, Navigationsgeräten und Ampeln modellieren. Siehe dazu: *Collective Adaptive Systems*, Expert Consultation Workshop 3 & 4 November 2009, Report für die Europäische Kommission, Forschungsinitiative: Future and Emerging Technologies, Proactive.

18 Unter dem Stichwort „Neuronales Netzwerk“ lässt sich eine Fülle von Fachbüchern, Fachartikeln und Texten im Internet auffinden, weshalb hier keine konkreten Titel genannt zu werden brauchen.

19 Theo Gehm beschrieb in seiner Habilitationsschrift die Interaktion menschliche Kleingruppen als neuronales Netz: *Informationsverarbeitung in sozialen Systemen*. Psychologische Verlagsunion, Weinheim. 1996. Gehms Buch ist ein Beispiel für die Übertragung von Prinzipien über Fachgrenzen hinweg in Anwendung auf scheinbar weit auseinanderliegende Realitätsbereiche.

## Schwarm-Intelligenz:

Swarm Intelligence (SI) is the property of a system whereby the collective behaviours of (unsophisticated) agents interacting locally with their environment cause coherent functional global patterns to emerge. SI provides a basis with which it is possible to explore collective (or distributed) problem solving without centralized control or the provision of a global model.<sup>20</sup>

Die nach diesem Ansatz an der Natur abstrahierten Prinzipien werden zunehmend auf technische Systeme angewandt. Dem wollen wir uns nun zuwenden.

## Die Schwarmintelligenz in der Robotik

„Symbiotic Evolutionary Robotic Organisms“ - so lautet die Langform des EU-Forschungsprojektes Symbrion. Mit insgesamt 5,3 Mio. Euro wird dieses Projekt über eine Laufzeit von 2008 bis 2013 gefördert. Betrachten wir einen kurzen Film<sup>21</sup> zu Symbrion.

### Filminhalt

Die Forscher Marc Szymanski und Serge Kernbach zeigen ausgewählte Eigenschaften eines Roboterschwarms aus mehreren hundert, autonom fahrenden Kleinrobotern von wenigen Zentimetern Größe. Die Roboter kommunizieren untereinander über Lichtsignale. Nachgestellt werden die Wegstreckenoptimierung von Ameisen, die Futtersuche und die Überwindung physischer Hindernisse durch den mechanischen Zusammenschluss mehrerer Roboter zu einem Organgebilde. Als besondere Stärke des Schwarms wird seine Robustheit gegenüber Störungen genannt. Erreicht wird dies durch den Verzicht auf eine zentrale Steuerung. Durch eine künstliche, genetische Evolution soll eine eigenständige Weiterentwicklung des Schwarms erreicht werden. Dabei wird erwähnt, dass es neben den Gewinnern der Evolution auch Verlierer gibt, doch es steigt die Gesamtfitness des Schwarms. Nach dem Vorbild von Insekten können Schwärme „größere Aufgaben“ als Individuen erfüllen. Beispielhafte Anwendungsgebiete seien Reinigungsaufgaben, Minensucharbeiten und die Erforschung des Weltraums. „Symbiotic Evolutionary Robotic Organisms“ - so lautet die Langform des EU-Forschungsprojektes Symbrion. Mit insgesamt 5,3 Mio. Euro wird dieses Projekt über eine Laufzeit von 2008 bis 2013 gefördert. Betrachten wir

---

20 2005 IEEE Swarm Intelligence Symposium, June 8-10, 2005. Conference Website.

21 Der Titel des Films lautete: *Die geheimen Baupläne der Natur*, Teil „Intelligente Schwärme“, ausgestrahlt am 02.03.2009, um 21.30 Uhr über den Fernsehkanal 3SAT. Eine Transkription der gesprochenen Texte findet sich im 3SAT-Filmarchiv.

einen kurzen Film<sup>22</sup> zu Symbrion.

Filminhalt

Die Forscher Marc Szymanski und Serge Kernbach zeigen ausgewählte Eigenschaften eines Roboterschwarms aus mehreren hundert, autonom fahrenden Kleinrobotern von wenigen Zentimetern Größe. Die Roboter kommunizieren untereinander über Lichtsignale. Nachgestellt werden die Wegstreckenoptimierung von Ameisen, die Futtersuche und die Überwindung physischer Hindernisse durch den mechanischen Zusammenschluss mehrerer Roboter zu einem Organgebilde. Als besondere Stärke des Schwarms wird seine Robustheit gegenüber Störungen genannt. Erreicht wird dies durch den Verzicht auf eine zentrale Steuerung. Durch eine künstliche, genetische Evolution soll eine eigenständige Weiterentwicklung des Schwarms erreicht werden.<sup>23</sup> Dabei wird erwähnt, dass es neben den Gewinnern der Evolution auch Verlierer gibt, doch es steigt die Gesamtfitness des Schwarms. Nach dem Vorbild von Insekten können Schwärme „größere Aufgaben“ als Individuen erfüllen. Beispielhafte Anwendungsgebiete seien Reinigungsaufgaben, Minensucharbeiten und die Erforschung des Weltraums.

Soweit der Inhalt des Kurzfilms. Die am Ende genannten Anwendungsgebiete sind aber nur ein Teil der potentiellen Möglichkeiten. Tatsächlich geht es um mehr.

### Effizienz und Anpassungsfähigkeit als Werte „an sich“

Auf der offiziellen Webseite des Projektes Symbrion<sup>24</sup> findet sich eine graphische Gesamtübersicht über die Projektziele. Es werden unter anderem die folgenden Begriffe genannt:

- artificial fitness
- evolutionary computation
- artificial immune network
- self-organizing middleware

22 Der Titel des Films lautete: „Die geheimen Baupläne der Natur“, Teil „Intelligente Schwärme“, ausgestrahlt am 02.03.2009, um 21.30 Uhr über den Fernsehkanal 3SAT. Eine Transkription der gesprochenen Texte findet sich im 3SAT-Filmarchiv.

23 Hier sei der polnische Science Fiction Autor Stanislaw Lem mit den warnenden Worten „[...] he who sows evolution reaps mind. And mind does not wish to serve anyone“ zitiert. Die Frage nach der Beseeltheit und der Autonomie kollektiver Intelligenzen ist ein roter Faden in vielen von Lems Werken. Das Zitat stammt aus *Peace on Earth*, polnische Erstausgabe 1987.

24 Quelle: [www.symbrion.eu](http://www.symbrion.eu), Weiter über den Menüpunkt „Objectives“. Entnommen am 29. April 2012.

- robotic societies
- robotic species
- embodied agents
- multi-agent systems with symbiotic principles of self-organisation and emergence
- Development of bio-inspired and tech-inspired adaptation, self-maintenance and self-optimization strategies

Zweierlei tritt hervor. Erstens werden technische Systeme und biologische Lebewesen zu übergeordneten Mechanismen abstrahiert; mögliche Unterschiede liegen außerhalb des Erkenntnisinteresses der Forschergemeinde.<sup>25</sup> Und zweitens liegen alle Begriffe mit normativem Gehalt nahe an Theorien einer konkurrenzgetriebenen Evolution: fitness, evolutionary, self-organizing, adaptation und bio-inspired. Das übergeordnete Gut in dieser Gedankenwelt ist die Anpassungsfähigkeit an eine sich ständig wandelnde Umwelt. (Hier glaube ich die Verselbständigung der Mittel als Selbstzweck erkennen zu können.)

Bedeutsam ist, was in diesem Denkuniversum<sup>26</sup> ausgespart ist, nämlich: Begriffe, die auf eine ethisch motivierte Reflexion sowie transzendente Bedürfnisse verweisen.<sup>27</sup> Gerechtigkeit, „ein gutes Leben“, Wohlfahrt, Sinn, Barmherzigkeit, Gnade, Erfüllung, Glück, Gemeinschaft und so fort spielen keine Rolle. Was wir im philosophischen Sinne der Vernunfttätigkeit zuordnen würden und religiös formulierte Sehnsüchte fehlen hier gänzlich. Die Berechtigung dieser Begriffe wird nirgends verneint, sie bleibt schlicht unbetrachtet. Gleichwohl wird angenommen, dass das Wohl des Einzelnen vom Wohl der Gruppe abhängt:

Der Informatiker Marc Szymanski aus dem Projektteam von Symbion verweist auf die Natur als Vorbild für künstliche Roboterschwärme: „[...] dort sehen wir die Schwärme, wie Ameisen, Bienen, die sich alle als Individuen in einem Schwarm organisieren und somit komplett überleben und größere Aufgaben erfüllen können“.<sup>28</sup>

25 Über das Stichwort „hybrid“ findet man Forschungsprojekte, die gezielt eine Verschmelzung von technischen und biologischen „Systemen“ anstreben. Die Hybridisierung kann auf individueller Ebene ansetzen, etwa die Verbindung von Silizium-Chips mit Nervenzellen zur Entwicklung von Prothesen. Oder aber die Hybridisierung erfolgt auf überindividueller Ebene indem „Ökologien“ aus Robotern und Lebewesen konzipiert werden. Ein Beispiel dafür ist die Dotierung von Insektenschwärmen mit kleinen Robotern, mit dem Ziel die Schwärme darüber zu steuern (Projekt LEURRE, Future and Emerging Technologies program of the European Community, IST-2001-35506).

26 Ich betrachte die internationale Forschungsgemeinde rund um die Idee kollektiver (Schwarm)Intelligenzen als ein Denkkollektiv im Sinne Ludwik Flecks: eine Gemeinschaft von Personen mit ähnlichen Werten, Interessen und Desinteressen. Siehe: Fleck, Ludwik: *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Erste deutschsprachige Ausgabe 1935. Fleck war ein Vordenker der Wissenssoziologie.

27 Der Autor populärphilosophischer Bücher Rüdiger Safranski spricht treffenderweise von „Transzendenzverrat“. Siehe sein Buch *Das Böse: Oder Das Drama der Freiheit*, Fischer Taschenbuch Verlag, 1999.

28 Das Zitat stammt aus dem Film: *Die geheimen Baupläne der Natur*, Teil „Intelligente Schwärme“,

Dies ist der rhetorische Kniff: Dem Individuum kann es nur gut gehen, wenn es dem Kollektiv gut geht.<sup>29</sup> Man kennt die Argumentation aus dem Wirtschaftsleben: Nur wenn die Wirtschaft läuft, kann es dem einzelnen gut gehen. Doch ist der Umkehrschluss nicht zwingend wahr: Wenn es dem Kollektiv gut geht, dann geht es auch dem Individuum gut. Die Abriegelung dieser Tatsache ist meiner Ansicht nach der blinde Fleck in vielen Weltbildern. Kollektive Intelligenz auf der Grundlage evolutionärer Strategien setzt fast durchweg auf Mechanismen der Variation und Selektion<sup>30</sup>; nicht im ungewollten Einzelfall sondern als Grundprinzip. Und effiziente Selektion darf nicht nach dem individuellen Wohl fragen.<sup>31</sup>

Wenn es um die Erschaffung von Roboterschwärmen geht, mag die ethische Frage nach dem Verhältnis von Individuum zur Gesellschaft überflüssig erscheinen.<sup>32</sup> Doch das vorgestellte Projekt Symbion existiert nicht losgelöst und eng fokussiert auf die Erschaffung von dienstbaren Montagerobotern. Es ist vielmehr Teil eines professionellen und international organisierten Forschungsinteresses mit weitreichendem Geltungsanspruch. Die mathematischen Prinzipien, die am Beispiel der kleinen Roboter entwickelt werden, werden auch zur Beschreibung und Gestaltung der gesellschaftlichen Sphäre und der Erschaffung künstlichen Lebens<sup>33</sup> herangezogen.

---

ausgestrahlt am 02.03.2009, um 21.30 Uhr über den Fernsehkanal 3SAT. Eine Transkription der gesprochenen Texte findet sich im 3SAT-Filmarchiv.

29 „Was dem Schwarm nicht nützt, das nützt auch der einzelnen Biene nicht.“ Marc Aurel (römischer Kaiser 121-180), *Selbstbetrachtungen VI*.

30 Selektion ist ein starkeres Motiv menschlichen Gruppenverhaltens. Das Schulsystem, die Sportwelt, das Wirtschaftsleben: diese zentralen Lebensbereiche sind durchsetzt mit Wettkampf und Auslesemechanismen. Der Drang zum sich-Messen und zur Erstellung von Rangfolgen jeder Art ist ein fester Bestandteil der menschlichen Psyche und unseres biologischen Erbes.

31 Das Wiedererstarken konsequent kapitalistischen Denkens, in dem der Mensch vorrangig über den Marktwert seiner Arbeitskraft definiert wird, geht passenderweise mit einer Anpassung im Kulturbetrieb einher: Ich glaube eine zunehmende Aufforderung zur Abhärtung im Umgang mit Verlierern als ein wesentliches Merkmal moderner Unterhaltungsformate im TV ausmachen zu können. Während in alten Formaten aus den 1970er Jahren (Dalli Dalli, Am Laufenden Band, Heiteres Beruferaten) das Spiel selbst im Vordergrund stand und vorrangig Gewinner hervorgehoben wurden, rückt bei neueren Formaten (z. B. Dschungelcamp, Big Brother) die Demütigung der Verlierer mehr in die Aufmerksamkeit. Tenor: wer nichts bringt, der verdient den Ressourcenentzug und er sollte sich ohne (ernsthafte) Klage in dieses Schicksal einfügen.

32 Ethisch relevante Aspekte bezüglich *Symbion* werden von der zuständigen Stelle innerhalb der EU-Forschungsförderung nicht gesehen. Eine Mail-Anfrage von mir wurde entsprechend beantwortet.

33 Artificial Life ist bezeichnet ein eigenständiges Forschungsgebiet mit eigenen Fachveröffentlichungen, Tagungen und Journalen (etwa: *Artificial Life* von MIT Press).

### Einschub: Mathematische Modelle

Ich erwähnte, dass das Ziel vieler Forschungsbemühungen die Formulierung mathematischer Prinzipien zur Modellierung der Wirklichkeit sind. Für diejenigen, die sich darunter nichts Konkretes vorstellen können, möchte ich ein einfaches Beispiel aus dem aktuellen Schulstoff an deutschen Schulen einfügen.

Betrachten wir die Vermehrung von Geld auf einem Sparkonto. Die Zinsen sollen immer auf das Sparkonto gutgeschrieben werden. Wir reden also über Zinseszinsen. Mit der folgenden Formel können wir ausrechnen, wie viel Geld nach  $t$  Jahren auf einem Konto ist:

$$K_t = K_0 \cdot k^t \quad \text{Die Formel für Zinseszinsen}$$

Auf der linken Seite der Formel steht  $K_t$ , das Kapital nach  $t$  Jahren Laufzeit. Wir können  $K_t$  ausrechnen indem wir das Startguthaben  $K_0$  insgesamt  $t$  mal mit dem Zinsfaktor  $k$  multiplizieren. Das sagt die Formel.

Mathematisch beschreibt diese Formel etwas, dessen Änderungsgeschwindigkeit davon abhängt, wie viel es von dem Etwas gibt. Je mehr Geld man auf dem Konto hat, desto mehr Zinsen erhält man, desto schneller wächst also der Geldbetrag im nächsten Schritt. Solche exponentialen Zusammenhänge gibt es in Technik und Natur viele:

- Eine Bakterienkolonie bringt unter günstigen Umständen umso mehr neue Bakterien hervor, wie es schon Bakterien gibt.
- Die Weltbevölkerung bringt umso mehr Menschen pro Zeit hervor, wie es schon Menschen gibt.
- Von einem aufgehäuften brennbaren Pulver reagiert umso weniger mit der Luft, je mehr schon verbrannt ist. (Die Umkehrung von „mehr“ in „weniger“ spielt keine Rolle für das mathematische Prinzip)
- Radioaktive Stoffe produzieren umso weniger Kernzerfälle, je mehr des Stoffs schon zerfallen ist.

Auf all diese und noch viele Phänomene mehr kann die obige Formel angewandt werden. Mit geringfügigen weiteren Anpassungen kann sie auch das Aufladen von Kondensatoren in der Elektrotechnik, den Abbau von Medikamenten im menschlichen Körper sowie die ständig wechselnden Populationsdichten von Jägern und Beutetieren beschreiben. Eine Formel, die vielleicht zuerst von einem

Elektrotechniker erstellt wurde, erweist sich plötzlich als anwendbar auf biologische oder soziale Prozesse. So findet die Exponentialfunktion sogar Verwendung, um das vorher beschriebene Nektar-Sammel-Verhalten von Bienen zu beschreiben.<sup>34</sup> Es gibt keine grundsätzlichen Grenzen zwischen technischen, natürlichen und sozialen Phänomenen. Das ist mit tieferen mathematischen Prinzipien gemeint.

### Von der Beschreibung zur Gestaltung

Auf eine ähnliche Weise wie die einfache Exponentialfunktion werden nun die mathematischen und algorithmischen Prinzipien kollektiver Intelligenz verallgemeinert und als Mittel techno-sozialer Gestaltung genutzt. Dazu einige Beispiele.

Das *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* beschäftigt sich vorrangig mit der computerbasierten Simulation sozialer Prozesse; ein Beispiel für eine Querverbindung zur Soziologie und Ökonomie.<sup>35</sup>

Die *International Society of Artificial Life* gibt über MIT Press vierteljährlich die Fachzeitschrift *Artificial Life* heraus. Fragen der Schwarmintelligenz werden hier im Kontext der Frage nach Lebendigkeit und lebensähnlichem Verhalten behandelt. Ein wiederkehrendes Motiv ist die Durchsetzung der realen Gesellschaft mit künstlichen, intelligenten und evolvierenden Lebensformen.

Der renommierte Ingenieur-Berufsverband IEEE (sprich: ei-tripple-ih) hält jährlich Symposien zur Schwarmintelligenz ab, zuletzt im April 2012 in Paris. Themen waren unter anderem Energieversorgungssysteme, Supplement-chain management, Planung und Betrieb großer Industrieanlagen, evolvierende Hardware, Wirtschaft und Finanzen. Die Ergebnisse der Grundlagenforschung fließen also ein in konkrete Technologiegestaltung; es geht um mehr als folgenfreie Grundlagenforschung.

Das 1984 in den USA gegründete Santa Fe Institut bringt renommierte Theoretiker verschiedener Fachrichtungen zusammen. Ein zur Zeit laufendes Projekt mit dem Titel „Emergenz in Entscheidungsprozessen und kognitiven Systemen“ unterstreicht den interdisziplinären Charakter. In einer Projektbeschreibung heißt es. „Das Projekt

---

34 Vorlesungsunterlagen von Carl Anderson, Georgia Institute of Technology, Atlanta. Wahrscheinlich um 2002. (Keine genauere Angabe möglich)

35 Ein aktueller Artikel trägt den Titel „*Reallocation Problems in Agent Societies: A Local Mechanism to Maximize Social Welfare*“ (Quelle: Antoine Nongailard and Philippe Mathieu (2011). In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 14 (3) 5). Es wird argumentiert, dass gegenwärtige Modelle des ökonomischen Marktgeschehens von unrealistischen Bedingungen ausgehen. So werden Händler oft als allwissend bezüglich des Marktgeschehens modelliert. In der Realität ist ihr Marktwissen durch viele Faktoren beschränkt. Soziale Netzwerke beschränken den Bekanntenkreis, nicht jeder hat immer Internetzugang, Preise entstehen oft in privaten Zirkeln. In dem Artikel wird ein Mechanismus vorgeschlagen, wie das lokal begrenzte Wissen der Agenten zum maximalen Nutzen für die Gruppe führt - Die klassische Fragestellung der Schwarmforschung im sozialen Kontext und eigentlich auch Smiths unsichtbare Hand.

widmet sich einer Breite kognitiver Phänomene, von den molekularen Grundlagen neuronalen Lernens bis zur verteilten Wahrnehmung sozialer Agenten. Angestrebt ist eine Zusammenarbeit von Neurowissenschaftlern, Psychologen, Ökonomen, Informatikern, Spieltheoretikern und Evolutionsbiologen.“<sup>36</sup>

Der beschreibenden Theorie folgt der Wunsch nach gestalterischer Praxis: Eine Expertengruppe der Europäischen Union spricht in einem Bericht<sup>37</sup> zu Komplexen Adaptiven Systemen aus dem Jahr 2009 davon, dass digitale Geräte nicht mehr bloß technische Systeme sind, sondern dass ihre Allgegenwart sie zu einem Bestandteil der sozio-technologischen Grundstruktur der Gesellschaft machen. Bedeutsam für meine Argumentation ist das bruchlose Zusammenfließen von Begriffen aus unterschiedlichen Realitätsbereichen, hier etwa techno und sozial. In dem angedeuteten Denkuniversum fließen dann auch die Erkenntnisse aus einem Forschungsbereich nahtlos über in andere Forschungsfelder und Anwendungsbereiche.

Ich möchte nun einen kurzen historischen Überblick über Vorläufer des modernen Schwarmgedankens geben. Neu ist heute die aktive Gestaltung und Simulation von Schwärmen und Kollektiven mit Hilfe mathematisch-naturwissenschaftlicher Methoden. Die Idee kollektiver, schwarmartiger Intelligenz als gesellschaftliches Phänomen an sich aber ist alt.

### Die Idee kollektiver Intelligenz im historischen Abriss

Einen Einblick in die lange Geschichte von der Idee des Staates als Organismus gibt ein 1924 in London herausgegebenes, politikkundliches Buch von Raymond Getell.<sup>38</sup> Ein dreizehnseitiges Kapitel mit dem Titel *The State as an Organism* liefert zahlreiche Literaturhinweise. Von den antiken Denkern über die Scholastik und die Neuzeit wird die Ideengeschichte von der individuellen, organischen Existenz des Staates skizziert.

Bis zum Ausgang des 19ten Jahrhunderts standen staatsphilosophische Überlegungen im Vordergrund, vor allem die ethisch motivierte Frage nach dem Verhältnis des Kollektivs zum Individuum.<sup>39</sup> Ab 1860 flossen vermehrt sozial-

---

36 (Original: „On Emergence in Decision Making and Cognitive Systems aims to explore a full range of cognitive phenomena, from the molecular basis of neural learning, through to distributed cognition among social agents. This focus area aims to bring together neuroscientists, psychologists, economists, computer scientists, game theorists and evolutionary biologists“ (Quelle: <http://www.santafe.edu/research/>)

37 Quelle: Collective Adaptive Systems. Expert Consultation Workshop 3 & 4 November 2009. Report für die Europäische Union, 7. Rahmenprogramm, Future and Emerging Technologies.

38 Raymond G. Gettell: History of Political Thought. George Allen & Unwin Ltd. London. Erstausgabe: 1924.

39 Beispielhafte Titel sind: Heinrich Ahrens: *Organische Staatslehre*. 1850; Albert Th. v. Krieken: *Die sogenannte organische Staatstheorie*. Leipzig. 1873; Albert Schäffle: *Bau und Leben des sozialen Körpers*. 1875-1878 sowie D. G. Ritchie: *Darwinism and Politics*. Erstausgabe 1895. Überarbeitete Ausgabe: New York 1901. (Evolutionäre Prinzipien in der Ethik). Herbert Spencer: *The Man versus the State*, 1884.



darwinistische Ansichten ein: der Staat wurde immer mehr in funktionaler Analogie zu lebenden Wesen beziehungsweise dem evolutionären Geschehen gesehen. Stellvertretend kann hier Herbert Spencer mit seiner Idee des Social Organism genannt werden.<sup>40</sup>

Nach dem zweiten Weltkrieg<sup>41</sup> bis etwa zur Jahrtausendwende waren es dann vorwiegend Science Fiction Autoren sowie Einzelwissenschaftler, die die Idee kollektiver Intelligenzen fortführten. Metaphern wie Energon<sup>42</sup>, Global Brain<sup>43</sup>, Homo Symbioticus<sup>44</sup>, Metaman<sup>45</sup> und Machina Sapiens<sup>46</sup> zeichneten sowohl euphorische als auch dystopische Zukunftsentwürfe, in denen der Mensch zu einem funktionalen Bestandteil globaler Überorganismen wurde.

Im akademischen Interesse in den ersten Nachkriegsjahrzehnten stand aber die Forschung an computerbasierter individueller Intelligenz im Vordergrund. Künstliche Intelligenz im Sinne einzelner Computerprogramme und individueller Rechner war die Vision.<sup>47</sup> Doch galt das Projekt einer zentralen künstlichen Intelligenz seit den 1970er Jahren als weitgehend gescheitert.

Seit etwa dem Jahr 1990 erwachte dann das akademisch organisierte Interesse an der verteilten, kollektiven Intelligenz. Die Verbreitung schneller, billiger und zunehmend vernetzter Computer motivierte das Interesse auf drei Weisen. Erstens erlaubte der Computer die Simulation großer Anzahlen von Individuen. Zweitens inspirierte die aufkommende Vernetzung der Computer das Bild eines globalen Nervensystems. Und drittens tendierte die erneut erstarkende Forschung zur Künstlichen Intelligenz zum Konsens, dass es zwischen toter und belebter Materie keine prinzipiellen Unterschiede gebe.<sup>48,49</sup> Dies förderte den Ansatz, lebende und

---

40 Herbert Spencer: *The Social Organism*, 1860.

41 Zwei bemerkenswerter „Vordenker“ sind der Engländer Olaf Stapledon und der Pole Stanislaw Lem. Beide Autoren entwickelten unabhängig voneinander das Konzept metallischer, insektenartiger und quasi-intelligenter Schwärme. Stapledon in seinem Buch *Last and First Men* (1930), Lem in verschiedenen Büchern wie zum Beispiel *Der Unbesiegbare* und *Astronauten*.

42 Hans Hass: *Energon: Das verborgene Gemeinsame*, 1970.

43 Howard Bloom: *Global Brain. Die Evolution sozialer Intelligenz*. Deutsche Verlags-Anstalt 1999.

44 Joël de Rosnay: *Homo symbioticus. Einblicke in das 3. Jahrtausend*. Gehrting Akademie Verlag. 1997.

45 Gregory Stock: *Metaman. The Merging of Humans and Machines into a Global Superorganism*. Simon & Schuster. 1993.

46 Kazem Sadegh-Zadeh: *Als der Mensch das Denken verlernte. Die Entstehung der Machina sapiens*, Burgverlag Tecklenburg, 2000.

47 Ein treffendes Sinnbild für die individuelle Computerintelligenz war der fiktive HAL 9000 in Stanley Kubricks Kino-Klassiker *2001: Odyssee im Weltraum* aus dem Jahr 1968.

48 Tendenziell herrscht in den Forschungsszene die Ansicht vor, dass Maschinen grundsätzlich auch Bewusstsein erlangen können. Bewusstsein ist ein Epiphänomen der Materie. Auch dieses zentrale Phänomen „belebter Materie“ wird also als fließend betrachtet. Grenzsetzende Kategorien wie etwa eine göttliche Beseelung bleiben unbetrachtet. Siehe zum Beispiel: Koch, Christof; Tononi, Giulio: *A Test for Consciousness How will we know when we've built a sentient computer? By making it solve a simple puzzle*. In: Scientific American, June 2011.

49 Die Frage nach der Beseelung und dem Bewusstsein von Schwarmintelligenzen wurde und wird ebenfalls gestellt, jedoch weniger in der aktuellen Forschungsszene als vielmehr in dem Diskurs bis etwa zum Zweiten

technische Gebilde unter gleichen Abstraktionen zu beschreiben.<sup>50</sup>

Heute hat sich Forschungsparadigma der kollektiven Intelligenz als Feld seriöser Fakten-Wissenschaft mit weitreichendem Geltungsanspruch über alle Fachgrenzen hinweg und mit Zugriff auf ansehnliche Fördermittel etabliert. Wenn die formulierten Forschungsziele erreicht werden, wird dies tiefgreifende Auswirkungen auf die Art unseres Zusammenlebens und unsere Individualität haben. Wenden wir uns nun einigen ethischen Fragen zu.

### **Schwarmintelligenz: einige ethisch motivierte Fragen**

Das Spezifikum der Schwarmtechnologie ist das Prinzip der Emergenz: Per Definition produziert der Schwarm Verhaltensweisen und Lösungen, die die Fähigkeiten jeder Teilmenge des Schwarms übersteigen. Der Umkehrschluss ist wichtig: Keine Teilgruppe des Schwarms und damit auch kein einzelnes Mitglied kann das Verhalten des Schwarms vorhersagen oder steuern. Wäre dies so, bräuchte man keine Schwarmtechnologie. Per Definition.<sup>51</sup>

Hermann Wehr formulierte in seinem Einführungsvortrag<sup>52</sup> zu dieser Wochenendtagung eine Reihe ethisch motivierter Kriterien zur Bewertung neuer Technologien. Einen Auszug davon möchte ich nun auf die Technologie der Schwarmintelligenz anwenden. Gehen wir sie der Reihe nach von a bis e durch.

- a) Problemstellung: Welches Problem soll gelöst werden?  
Vorrangig geht es Problemen bei denen die kognitiven Fähigkeiten einzelner Individuen (oder Teilgruppen) überschritten werden. Beispiele sind Logistikprozesse, das Börsengeschehen und die Kriegsführung<sup>53</sup>. Aus einem

---

Weltkrieg. Herbert Spencer etwa verneinte ausdrücklich eine psychische Dimension des „Social Organism“ (siehe zum Ende des gleichnamigen Essays aus dem Jahr 1860) wohingegen etwa der Physiker Erwin Schrödinger ein gleichzeitiges Bewusstsein einzelner Gehirnzellen als auch dem Gesamtgehirn ernsthaft in Erwägung zog (siehe Schrödinger, Erwin: *Was ist ein Naturgesetz*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag 2008, Seite 75 f.).

50 Ein typischer Buchtitel ist: Mueller, Erik T.: *Daydreaming in Humans and Machines: A Computer Model of the Stream of Thought*. Intellect Books, Bristol, UK, 1990.

51 Stellvertretend für viele sinngemäß gleichlautende Definitionen steht hier: „Simple Agenten in Kolonien sozialer Insekten erzielen verblüffende Leistungen durch die Ausnutzung einiger einfacher Prinzipien. Sie sind ein spektakulärer Beweis des Potenzials, welches in dem Ansatz steckt, vorzugsweise viele simple Agenten zu benutzen und nicht einige wenige komplexe, wenn es darum geht, komplexe Aufgaben schnell und zuverlässig zu lösen. Sie sind außerdem ein lebender Beweis dafür, dass evolutionäre Prozesse ... unnötige Komplexität auf der Ebene von Individuen minimieren können.“ Übersetzt aus: Eduardo Antiquiert-Torres: *Collective Intelligence in Multi-Agent Robotics: Stigmergy, Self-Organization and Evolution*. Januar 2004. Im Internet veröffentlicht.

52 Wehr, Hermann: *Übersichtsvortrag: Moderne und Technikentwicklung in der Bewertung der Philosophie*. 66. Wochenendtagung der Vennland-Akademie für philosophische Erwachsenenbildung. Juni 2012. [www.vennland-akademie.de](http://www.vennland-akademie.de).

53 Siehe zum Beispiel die öffentliche Studie: *Swarming and the Future of Warfare*. Sean J. A. Edwards, 2005 RAND Corporation, Santa Monica, Kalifornien, USA.

anderen Blickwinkel formuliert: Wie kann man aus simplen Agenten intelligente Gruppen bauen?

b) Wer profitiert von dieser Lösung, wer nicht?

Bleiben die Schwärme bloße Werkzeuge aus nicht-menschlichen Individuen (ganz gleich ob technisch, biologisch oder hybrid) sind die Profiteure die gleichen wie auch bei anderen Technologien: Unternehmen mit besseren Gewinnaussichten, Kunden mit besseren Produkten, Armeen mit höherer Kampfkraft: Kurz die Kontrolleure des Geschehens. Konzipieren wir Schwärme mit Menschen als Komponenten (z. B. LKW-Flotten, Social Networks), so können wiederum die Betreiber der Schwärme profitieren aber auch die Individuen. Die dezentrale Organisation gibt den Individuen ein Initiativrecht, potentielle Gleichberechtigung mit anderen Mitgliedern, Koordination mit der Gruppe und vor allem das Gefühl, Teil eines höheren Ganzen zu sein. Potenzielle Verlierer hängen von der Organisationsform des Schwarms ab. Der Natur entnommene Optimierungsstrategien von Kollektiven koppeln die Ressourcenzuweisung an die Individuen eng an den Nutzen für den Schwarm. Potenzielle Verlierer sind also Individuen ohne oder mit nur geringem Nutzwert für den Schwarm.<sup>54</sup>

c) Pro und Contra: Welche Probleme können aus dieser Lösung entstehen?

Die klassische Gefahr des Kontrollverlusts ist bei der Schwarmtechnologie von einer anderen Qualität als bei herkömmlicher Technologie. Das Problem bleibt zwar klassisch, wo der Mensch den Schwarm von außen kontrollieren will.<sup>55</sup> Wird aber der Mensch Teil des Schwarms gibt er PER DEFINITION seine Übersicht seinen Kontrollanspruch Preis. Mit dem Verlust der Kontrolle einher geht der Verlust von Verantwortung und Ansprechbarkeit. Wirtschaftskrisen in einer Marktwirtschaft werden als „naturgegeben“ empfunden. Man kann keine Einzelpersonen oder Institutionen dafür zu Verantwortung ziehen. Die vom Menschen geschaffene Technik macht uns nicht die Natur untertan, sie wird zu einer neuen Form undurchschaubarer Natur.<sup>56</sup> Eine natürliche Reaktion wäre es dann, seinen eigenen Anspruch auf Kontrolle und Überblick aufzugeben. Daraus könnte sich dann eine positive Rückkopplung mit den Schwarmmechanismen ergeben: Je undurchdringlicher die Schwarmintelligenz wird, desto mehr bilden sich die Individuen zurück. Je mehr sich

---

54 Der Begriff Schwarm im naturwissenschaftlich-technischen Kontext steht meist für ein Kollektiv dessen Gesamtleistung optimiert werden soll. Dieser Schwarmbegriff enthält keine Ideen von Solidarität, Gerechtigkeit, Glück oder Wohl. Dies gilt es zu beachten, wenn der Schwarmbegriff zur Gestaltung gesellschaftlicher Realitäten herangezogen wird.

55 In der Science Fiction-Literatur wird das Phänomen einer außer-Kontrolle geratenen Schwarmintelligenz z. B. in H. P. Lovecrafts Kurzgeschichte *Die Berge des Wahnsinns* aus dem Jahr 1936 behandelt: Zu industriellen Zwecken herangezuchteter lebendiger Schleim entwickelt plötzlich eigene Interessen.

56 Da in der betreffenden Forschungsgemeinde Bewusstsein weitgehend als Ausdruck einer bestimmten Organisation der Materie betrachtet wird und gleichzeitig auch die Schaffung von Bewusstsein in Artefakten ernsthaft als Forschungsziel formuliert wird, ist der Fall bewusster Schwärme implizit mitgedacht und sollte konsequenterweise erwogen werden.

diese aber zurückbilden, desto stärker wird dies wiederum durch die Schwarmmechanismen kompensiert. Stanislaw Lem prägte hierfür den Begriff der soziointegrativen Degeneration.<sup>57</sup> Ein weiteres Problem ergibt sich aus einer naiv romantisierenden Vorstellung von Schwarmintelligenz. Im Zweifelsfall muss der Schwarm Effizienz der individuellen Wohlfahrt vorziehen. Das Paradoxon, dass ein Unternehmen zum Wohle der Arbeitnehmerschaft einzelne Mitarbeiter entlassen muss kennzeichnet das Dilemma. Das Individuum lebt für das Kollektiv und nicht umgekehrt: Der einzelne bekommt nur so viel Zugestanden, wie er dem Kollektiv nutzt.<sup>58</sup>

d) Impacts: Welche Veränderung bringt die Technologie?

Hier ist man auf Spekulation angewiesen. Eine Antwort wird man erst im Rückblick geben können. Gehen wir davon aus, dass evolutionsnahe Mechanismen kollektiver Intelligenz tatsächlich funktionieren, wird dies zu einer Effizienzsteigerung von Organisationen bei gleichzeitiger Bedrängung individueller Entscheidungskompetenz und -freiheit führen.<sup>59</sup> Messbare, hard Impacts wären etwa eine erhöhte militärische Schlagkraft und höhere Unternehmensgewinne. Ein nicht messbarer, soft Impact wäre eine graduelle Veränderung der menschlichen Psyche:

=> Funktionalisierung von Interessen und Fähigkeiten<sup>60,61</sup>

=> Anpassung statt übergreifender Gestaltung als Ziel (Flexibilität)

=> Bereitwilligkeit sich durch Anreizsysteme steuern zu lassen<sup>62</sup>

57 Lem formulierte die Entwicklung so: „People were eliminated from the military and then from the weapons industry by a phenomenon called 'sociointegrational degeneration.' The individual soldier underwent degeneration: he became smaller and simpler. In the end he had the intelligence of an ant or termite. But the collective of these tiny warriors assumed a greater role." In: *Peace on Earth*, polnische Erstausgabe 1987.

58 Genau so interpretierte der US-Amerikaner Howard Bloom menschliche Gesellschaften. Nach Bloom ist es tief in unsere Psyche eingearbeitet, dass wir unseren Mitmenschen nur so viel zugestehen, wie ihr Nutzen für das Kollektiv zu sein scheint. Unsere Psyche ist so „programmiert“, dass wir als kollektiver Lernapparat funktionieren. Das Thema ist in meinem letzten Vortrag angesprochen: *Das Böse aus naturalistischer Sicht*. 65. Wochenendtagung der Vennland-Akademie für philosophische Erwachsenenbildung. Januar 2012. Download über [www.vennland-akademie.de](http://www.vennland-akademie.de).

59 Den Effekt kollektiver Leistung bei reduzierter individueller Größe beschrieb unter anderem bereits Friedrich Schiller: „Ich verkenne nicht die Vorzüge, welche das gegenwärtige Geschlecht, als Einheit betrachtet, und auf der Waage des Verstandes, vor dem besten der Vorwelt behaupten mag; aber in geschlossenen Gliedern muß es den Wettkampf beginnen, und das Ganze mit dem Ganzen sich messen. Welcher einzelne Neuere tritt heraus, Mann gegen Mann, mit dem einzelnen Athenienser um den Preis der Menschheit zu streiten? Woher wohl dieses nachteilige Verhältnis der Individuen bei allem Vorteil der Gattung?“ Friedrich Schiller. *Über die ästhetische Erziehung des Menschen*, 1795.

60 Siehe: Kant, Immanuel: *Grundlagen zur Metaphysik der Sitten*, 1785.

61 Hervorragende und immer noch sehr aktuelle Analysen lieferte Herbert Marcuse: in *Feindanalysen* (1942) und *Der Eindimensionale Mensch* (1964). Im Eindimensionalen Menschen wird die funktionalisierende Beschneidung menschlichen Denkens im modernen Kultur- und Wirtschaftsbetrieb beschrieben.

62 Packard, Vance: *Die Pyramidenkletterer*. 1962. Packard beschreibt gleichsam mit Respekt wie auch einem Drang zur Offenlegung die Gängelung moderner Manager durch den Betrieb. Es entsteht das Bild vom Manager als zurechtgeformtem und willigem Funktionserbringer.

=> Zwischenmenschliche Abhärtung: Ressourcenentzug bei Ineffizienz<sup>63</sup>

- e) Verzicht: Was passiert, wenn die Innovation nicht umgesetzt wird?  
Sie wird trotzdem kommen. Sie ist schon umgesetzt. Verschiedene Autoren beschreiben menschliche Gesellschaften überzeugend als kollektive Lernmaschinen und moderne Marktwirtschaften als lernfähige komplexe adaptive Systeme.<sup>64</sup> Unsere Mentalität und unsere sozialen Organisationen bilden damit unser biologisches Erbe als (vorübergehende) Gewinner im Evolutionsgeschehen ab. Vielleicht rührt daher die hohe Attraktivität der Schwarmmetapher: Sie kommt unserer stammesgeschichtlichen Veranlagung in vielen Dingen entgegen. Die Frage müsste also besser lauten: Was würde passieren, wenn wir unser biologisches Erbe nun nicht auch noch technologisch zementieren wollen? Die Frage aber greift nach einem sozial-utopischen Denken. Sie kann nicht Gegenstand dieses Vortrages sein. Kommen wir zum Schlusswort.

---

63 Siehe Fußnote 31.

64 Siehe Fußnoten 42 bis 46 für beispielhafte Autoren.

## Schlussgedanke

In dem Maße wie der Schwarm effizienter werden soll, müssen sich die Individuen ihm weiter unterordnen und sich gegebenenfalls auch zurückbilden oder funktional spezialisieren. Das Schwarmwohl ist nicht automatisch verbunden mit individueller Größe und Selbstbestimmung. Dieser Gedanke ist mir unsympathisch. Der Schwarm als höherer Wert ist mir dabei ebenso verdächtig wie der Staat, der Markt, reine Effizienz oder irgendeine andere bloß intellektuell theoretische Idee.

Was mich beseelt ist die Vision selbstbestimmter, wissender und vernünftiger Individuen in einer Gemeinschaft basierend auf freiwilligen Beziehungen und im demütigen Eingeständnis des Myteriums unseres Seins. Was wäre dann meine Antwort auf die Probleme unserer modernen Welt? Nichts grundsätzlich Neues:

- Eine entschleunigte Umwelt, die uns nicht ständig durch Neues abfordert, sondern planbar ist, Sicherheit gibt und Zeit für Muße lässt
- Eine Wirtschaftsordnung in der jeder auch ohne Kampf und Schliche sein Auskommen finden kann
- Eine Bildung, die – wo vorhanden – sinnsuchendes Fragen aufgreift und fördert
- Eine Gesprächskultur, die mehr auf der gemeinsamen Entwicklung von Gedanken und Werten beruht als auf dem schnellen Aufnehmen und Senden von Informationen oder der Überzeugung des Gegenüber

Hinter diesen Wünschen steckt die (anzweifelbare) Vermutung, dass im Menschen etwas angelegt ist, das auf eine höhere Realität als die bloße Effizienzsteigerung in der materiellen Welt verweist, ich möchte sagen: eine Ahnung des Paradieses (aber auch nicht mehr). Die Beherrschung der materiellen Welt, so glaube ich, ist eine hilfreiche und vielleicht auch notwendige Voraussetzung diesem Ruf folgen zu können. Sie ist aber noch nicht dieses Ziel selbst. Den Selbstzweck, den Sinn eines guten Lebens sehe ich im Nachspüren der Ahnung von einer besseren Welt.<sup>65</sup>

---

<sup>65</sup> Was ich mit Ahnung einer besseren oder höheren Welt meine ist beispielsweise charakterisiert durch Rudolf Ottos Idee des Numinosen, in: *Das Heilige. Über das Irrationale in der Idee des Göttlichen und sein Verhältnis zum Rationalen*, 1917; Im Fazit von William James *The Varieties of Religious Experience* (Longmans, Green & Co., New York/London 1902) wird das Religiöse als ein Glauben daran charakterisiert, dass der Welt ein gutes wennauch verborgenes Prinzip zugrunde liegt. Auch das passt zum Begriff der Ahnung. Max Horkheimers *Die Sehnsucht nach dem ganz Anderen* (Furche Verlag, 1970) bringt den politischen Utopie-Willen mit den unbestimmt geäußerten religiösen Sehnsüchten zusammen.

Für die Zukunft wünsche ich mir nicht simple und anpassungsfähige Individuen in einer komplexen Umwelt, sondern das Gegenteil: komplexe, innerlich reiche Individuen in einer einfachen und befriedeten Außenwelt.



Alle Freude und alles Glück  
entspringen der Fähigkeit, die  
Natur zu transzendieren.

Herbert Marcuse