

Das Leben ein Schwarm.

Emergenz und Evolution in moderner Science Fiction

EVA HORN

Qui est-ce qui règne ici? Qui est-ce qui donne
les ordres, prévoit l'avenir, trace les plans,
équilibre, administre, condamne à mort?
*Maurice Maeterlinck: La vie des termites (1928)*¹

Der Schwarm erscheint

Eine Frau sitzt wartend vor einem Schulhaus in einem kleinen Ort an der Küste Kaliforniens. Hinter ihr sieht man – in einer leicht entfernten Kameraeinstellung jenes Films, der wohl die wichtigste visuelle Etüde zum Schwärmen darstellt, Hitchcocks *The Birds* (1963) – das Klettergestell eines Spielplatzes. Eine Krähe landet auf den Stangen des Gestells. Dann eine Nahaufnahme: Man sieht Melanie Daniels' (Tippi Hedren) angespanntes Gesicht beim Rauchen, im Hintergrund ertönt der Gesang der Schulkinder wie ein akustisches Maß für die verfließende Zeit. Wieder ein Blick auf den Hintergrund: Vier Krähen sitzen da, eine fünfte landet. Schließlich folgt Melanies Blick dem Flug eines einzelnen Vogels – und als man sieht, wo er landet, bemerkt der Zuschauer im gleichen Moment wie die Figur, dass das ganze Klettergestell nun übersät ist mit Vögeln. – Was dann folgt, ist nur der gleichsam bewegte Ausbruch dieses Erschreckens über die schiere

¹ | Maurice Maeterlinck: *La vie des termites*, Paris: Eugène Fasquelle 1928, S. 137.

Menge und die Geschwindigkeit, mit der sie zusammengekommen ist: der Angriff der Vögel auf die Schulkinder, ein das Sichtfeld verdunkelndes, flackerndes Flattern, ein Schwärmen, das zugleich diffuses Bewegungsmuster und taktisches Manöver ist. Dieses Schwärmen inszeniert Hitchcock gerade nicht als Naturereignis mit »natürlich«² aussehenden und klingenden Vögeln, sondern als eine Bild- und Tonstörung. Ihr Schwirren und Zwitschern sind elektronische Töne zwischen Naturgeräusch und technischem Summen; ihr Flattern, Zusammenströmen und Schwirren ist ein Flackern des Bildes selbst, eine Bildstörung, die in einem Feld zwischen Betrachter und Betrachtetem stattfindet, gleichsam *vor* dem Gesehenen. Das Schwärmen ereignet sich damit nicht so sehr *im* Bild, sondern am Ort des Blicks selbst, als Verwirrung und Störung der Möglichkeit, überhaupt zu sehen.³

Hitchcocks Vögel sind der Schwarm und das Schwärmen, mithin die Essenz von etwas, dessen »Seinslosigkeit«³ es eigentlich der Bebilderung und dem Narrativ entzieht. In schlagender Prägnanz führt die Szene vor, was der Schwarm *ist*: ein reines Erscheinen, ein Moment des Umschlagens von einer bloßen Mehrzahl zu einem multiplen Ganzen, eine zugleich kompakte und diffuse Vielheit, von der nicht klar ist, woher sie gekommen ist und was ihr Auslöser, ihr Grund und ihr Ziel sein könnte. Der Schrecken, jener Moment, an dem nicht mehr *einige Vögel*, sondern *ein Schwarm* auf dem Geländer sitzt, die plötzliche Emergenz eines komplexen und rätselhaften Ganzen, ist der wesentliche Modus, in dem Schwärme im kollektiven Imaginären in Erscheinung treten. Ihnen eignet ein Horror, der »epistemische Horror vor dem, was nicht Gestalt werden kann«.⁴ Nicht zufällig sind darum Schwärme von Insekten oder Vögeln, aber auch diffuse Aggregationen von Partikeln oder Einzellern in modernen Fiktionen zu einem Inbegriff des Feindlichen, der Bedrohung und der Katastrophe geworden. So wie das Schwirren der Vögel nicht nur einen Angriff auf die Menschen im Film darstellt, sondern eine Störung des Blicks und der Sichtbarkeit schlechthin, so sind die Schwärme in modernen Fiktionen eine Bedrohung und ein Anderes des Menschen, eine Ungestalt – und doch auch eine Grundlage seiner Existenz. Nicht zufällig nämlich wirft alles Erscheinen von Schwärmen die Frage nach dem Grund dieses Erschei-

2 | Vgl. dazu Joseph Vogl: Lovebirds, in: Claudia Blümle/Anne von der Heiden (Hg.): *Blickzähmung und Augentäuschung. Zu Jacques Lacans Bildtheorie*, Berlin, Zürich: Diaphanes 2005, S. 51-64.

3 | Sebastian Vehlken: Schwärme. Zootechnologien, in: Anne von der Heiden/Joseph Vogl (Hg.): *Politische Zoologie*, Berlin, Zürich: Diaphanes 2007, S. 235-257, S. 238.

4 | Ebd., S. 241.

nens, den Gesetzen und der Dynamik ihrer Existenz auf. Diese Frage ist eine nach dem Leben. Der Schwarm ist eine form-lose Lebensform, deren rein relationale Existenz die Organisation dieses Lebens selbst thematisch macht. Im Schwarm scheint eine Dynamik des Lebendigen verkörpert und zugleich als Frage aufgeworfen: »Was ist es, das hier herrscht? Was ist es, das hier die Befehle gibt, die Zukunft vorhersieht, die Pläne macht, ausgleicht, reguliert und zum Tode verurteilt?«⁵, wie Maurice Maeterlinck sich angesichts der Termiten gleichermaßen fasziniert und befremdet fragt.

Es ist kein Zufall, dass diese Frage nicht von einem Entomologen, sondern von einem Schriftsteller gestellt wird. Jenseits der kühlen Modellierungen, mit denen gegenwärtige Forschungen die Bewegungsmuster von Fischen oder die Nahrungssuche von Ameisen in Algorithmen fassen und im Computer simulieren, sind Schwärme eine Quelle tiefster Beunruhigung: Sie erscheinen als neue Formen der Kriegführung, als einbrechende Naturkatastrophe oder als technologie-induziertes Desaster. Der Schwarm ist eine Ungestalt – und diese Ungestalt weist ihn als Feind aus.⁶ So jedenfalls werden sie in etlichen Thrillern, Science Fiction-Romanen oder eben Horror-Filmen wie *The Birds* vorgeführt: Der Kalte-Kriegs-Thriller *Them!* (1954) zeigt durch Nukleartests manipulierte Riesen-Ameisen, der Biokatastrophen-Film *The Swarm* (1978) dagegen geht von natürlichen Bienen aus, allerdings einer extrem giftigen Spezies, die aus Afrika über Brasilien durch Hurricanes nach Nordamerika geweht worden ist und nun eine Kleinstadt in Texas bedroht. Das gleiche Szenario, nur mit auschwärmenden Spinnen, in *Arachnophobia* (1990). Bezeichnend ist dabei, dass das Invasions-Szenario des Kalten Kriegs in *Them!* schon 1978 einem Bio-Szenario gewichen ist, in dem es gelehrt um Reproduktionszyklen und Schwarmbewegungen der Bienenstämme geht und nicht zufällig ein Wissenschaftler (gespielt von Michael Caine) der Held ist. Ungleich drastischer ist das Feindschafts-Szenario in Stanislaw Lems utopischem Roman *Der Unbesiegbare* (1964), wo Schwärme von Mikro-Maschinen auf einem fremden Planeten nicht nur alles Leben auf dem Festland ausgelöscht haben, sondern auch Krieg führen gegen die Insassen zweier dort gelandeter Raumkreuzer. Die gleichsam »pazifistische« Version dieses Konfliktszenarios liefert schließlich eine kleine Geschichte von Isaac Asimov, *Hallucination* (postum 1995), in der ein Schwarm feinsten intelligenter Partikel den aggressiven menschlichen Siedlern auf einem anderen Planeten deutlich macht, dass diese kein Recht haben, ihre Welt auszubeuten. Nur selten

5 | Maeterlinck: *La vie des termites*, S. 137, Übersetzung E.H.

6 | Zum Schwarm als Feind-Modellierung in der Moderne vgl. Eva Horn: Die Ungestalt des Feindes: Nomaden und Schwärme, in: *Modern Language Notes*, Nr. 123/3, German Issue, Spring 2008, S. 656-675.

gehen Schwarm-Konfrontationen so friedlich aus. Klar bleibt auch hier, dass der Schwarm die Figuration des schlechthin *Anderen* des Menschen ist: seiner Organisationsform, seines Geistes, seiner Kultur, seiner Wahrnehmungsmöglichkeiten. Frank Schätzing hat diese Konfrontation in seinem extrem erfolgreichen Meeres-Thriller *Der Schwarm* (2004) schließlich zu einem globalen Katastrophenszenario ausgearbeitet, in dem intelligente Einzeller die Menschheit angreifen, um ihren Lebensraum, das Meer, zu schützen. Zwei Jahre zuvor erschien Michael Crichtons *Prey* (2002); auch hier geht es um einen – allerdings technisch generierten – Schwarm, der plötzlich zum Angriff auf seine Erzeuger übergeht.

Gemeinsam ist Fiktionen wie denen von Lem, Crichton oder Schätzing, dass sie präzise recherchierte Gedankenexperimente auf dem jeweils verfügbaren Wissensstand eines ganzen Geflechts von Disziplinen sind: Biologie, Ethologie, Computerwissenschaft, Nanotechnologie, Kybernetik und Militärwissenschaft, um nur einige zu nennen. In diesem Sinne sind sie – anders als das deutsche Verständnis von Science-Fiction als literarisches Genre es will – *science fiction*, Wissenschaftsfiktion, narrative Experimentalanordnungen, die bestimmte Fragestellungen oder Hypothesen im Modus einer Erzählung durchspielen und zu Ende denken. Solche Fiktion muss als ein Gedankenexperiment gelesen werden, das nicht nur die Struktur eines gegebenen Wissensstands exploriert, sondern auch seine Voraussetzungen, seine Umsetzbarkeit, Folgen und Pathologien mit bedenken kann. Damit erlauben es gerade Fiktionen, Wissensformationen gleichsam erzählerisch zu durchleuchten: ihre Potentiale ebenso wie ihre blinden Flecke und unbefragten Grundannahmen.

More is different: Emergenz und Evolution

Schwärme erscheinen. Zwischen zwei Zigarettenzügen Melanie Daniels' ist aus ein paar Vögeln ein Schwarm geworden, eine Bedrohung, etwas Unbekanntes und Unvorhergesehenes. Alle Fiktionen über Schwärme kreisen um diesen Punkt: Wie ist der Schwarm entstanden? Welches ist die Dynamik seines Zusammenkommens und seines Operierens? Was wird der Schwarm tun? Wie wird er sich entwickeln? Schwärme werfen die Frage nach den Gesetzen und Voraussetzungen eines Erscheinens auf, das gerade nicht gesetzmäßig vorhersehbar ist. Forschungen zur Emergenz haben darum immer wieder in Schwärmen und Schwarm-Phänomenen ihre sinnfälligsten Beispiele gefunden. Dabei geht es genau um das, was den Schrecken bei Hitchcock ausmacht: jenes Moment des Umschlagens von Quantität in Qualität, von vielen Vögeln in einen aggressiven Schwarm. »More is different«, brachte der Emergenztheoretiker Phil W. Anderson

das in einem kurzen, wegweisenden Papier auf den Punkt, in dem er unter anderem zeigte, dass sich bereits große Mengen von Molekülen fundamental anders verhalten als kleine.⁷ Fasst man Emergenz als das »Auftauchen von neuartigen und kohärenten Strukturen, Mustern und Eigenschaften im Prozess von Selbst-Organisation in komplexen Systemen«⁸, dann sind Schwärme mit ihren zahlreichen, aber einfachen Akteuren, die zusammen ein äußerst komplexes Ganzes bilden, Paradebeispiele von Emergenz. Dabei lassen sich nach Jeffrey Goldstein fünf Kriterien für emergente Phänomene festhalten: (1) Sie sind radikal neu, d.h. die Eigenschaften und Fähigkeiten des Ganzen sind nicht zurückzuführen auf die der Einzelindividuen oder -faktoren. Sie sind damit auch nicht vorauszusehen, bevor sie sich tatsächlich zeigen. (2) Sie sind kohärent, d.h. sie erscheinen als integriertes Ganzes. (3) Ihre Kohärenz erscheint auf einer Makro-Ebene des Gesamtverhaltens. (4) Sie sind dynamisch und evolvieren in der Zeit. (5) Emergente Phänomene sind »anschaulich«, sie zeigen sich deutlich als neuer und anderer Zustand des Systems.⁹ Sofern emergentes Verhalten »radikal neu« ist, ist es auch stets an einen Schwellenwert oder eine Synergie gebunden, d.h. es entsteht mit einer bestimmten Menge von Individuen oder mit dem systemischen Zusammenkommen bestimmter Umweltbedingungen.¹⁰ Diese Unableitbarkeit emergenter Eigenschaften oder Verhaltensweisen aus den Einzelakteuren bedeutet aber auch eine grundsätzliche Unvorhersehbarkeit und Unberechenbarkeit solcher komplexen Strukturen. Die Gesamtfunktion des Ganzen entsteht nicht aus der Addition einzelner Subfunktionen, sondern aus deren »Nebeneffekten«.¹¹ Das heißt nicht nur, dass Komplexität nicht auf einen Akteur oder eine Regel zurückzuführen ist, sondern nur auf die Relationalität mehrerer Akteure oder Faktoren; es heißt auch, dass das Ergebnis und die Dynamik emergenter Prozesse nicht voraussagbar sind. Und es heißt drittens, dass es auf den genauen Umschlagspunkt ankommt, an dem purer Zuwachs an

7 | Phil W. Anderson: More is different. Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science, in: *Science. New Series* 177/4047 (Aug. 4, 1972), S. 393-396.

8 | Jeffrey Goldstein: Emergence as a Construct: History and Issues, in: *Emergence* Bd. 1/1 (1999), S. 49-72, hier S. 49.

9 | Ebd., S. 50.

10 | Peter A. Corning: The Re-Emergence of »Emergence«: A Venerable Concept in Search of a Theory, in: *Complexity* 7/6 (2002), S. 18-30.

11 | Luc Steele: Towards a Theory of Emergent Functionality, in: Jean-Arcady Meyer/Stewart W. Wilson (Hg.): *From Animals to Animats. Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behaviour*, Cambridge/MA: MIT Press 1990, S. 451-461, hier S. 452.

Elementen zu einem plötzlichen Umschlag ihrer Eigenschaften führt. Exakt dieser Umschlagspunkt und die Frage nach einem Ergebnis, das sich selbst bei genauer Kenntnis des Objekts nicht antizipieren lässt, scheint aber die Crux von Emergenz, eine Crux, die sich in lebenden Systemen radikalisiert – und zwar als *Evolution*. Selbstverständlich ist Emergenz nicht an Leben geknüpft (auch Wirbelstürme oder die Instabilität von Maschinen sind Phänomene von Emergenz) – aber das Lebendige ist irreduzibel emergent. Ein Bienenforscher im Thriller *The Swarm* (1978) bringt das auf den Punkt: »I never dreamed that it would turn out to be the bees. They're our friends. Until this species evolved.«¹² Es ist diese Unvorhersehbarkeit und Unkontrollierbarkeit des Lebens und seiner Evolution, die in den narrativen Szenarien über Schwärme bearbeitet wird. Das Unvorhersehbare emergenter Prozesse, das Unvorhersehbare des Lebens selbst wird in einer hypothetischen Geschichte vorweggenommen und ausgeleuchtet. Einige der Schwarm-Erzählungen tun das mit bemerkenswerter Vorausschau.

Evolution I: Swarm Wars

Lange bevor das koordinierte Verhalten von Insekten oder die Bewegungsmuster von Fischen und Vögeln über die Ethologie hinaus das Interesse von Informatikern, Militärtheoretikern oder Kommunikationswissenschaftlern erwecken, ist es ein Roman von Stanislaw Lem, der schon 1964 das entwirft, was in den 1990er Jahren als Swarm Intelligence zu einem völlig neuen Forschungsfeld wird. Mitten im Kalten Krieg, kurz nach der Kuba-Krise, die die Schlagkraft moderner Massenvernichtungswaffen beiden Seiten zum Greifen nahe gebracht hatte, erzählt Lem hier eine Geschichte, deren eigentliche Protagonisten nicht Menschen, sondern Waffensysteme sind. Sein utopischer Roman *Niezwyciężony* (deutsch erschienen als *Der Unbesiegbare*) trägt schon im Titel, dass es hier um Formen der Kriegführung gehen wird.¹³ So beginnt der Roman mit der Landung des schweren Raumkreuzers »Der Unbesiegbare« auf dem Planeten Regis III, um dem Verbleib seines verschwundenen Schwesterschiffs »Kondor« nachzuforschen. Der Planet erweist sich als rätselhaft: Es gibt Fische und Pflanzen im Wasser, eine der Erdatmosphäre nicht unähnliche Luft, aber keinerlei Leben auf dem Festland; nur sinnlos verschnörkelte metallene Reste von Architektur, von denen nicht klar ist, ob es sich um Ruinen von

12 | *The Swarm*, USA 1978, Regie: Irvin Allen, Drehbuch: Stirling Silliphant, nach einem Roman von Arthur Herzog.

13 | Den Hinweis auf Lems Buch verdanke ich Benjamin Bühler und seiner Lektüre von Lems Roman in diesem Band.

Gebäuden oder von Maschinen handelt. Im ersten Teil des Romans, der der Exploration des Planeten und der Entdeckung der havarierten »Kon-dor« gewidmet ist, entfaltet Lem ein Arsenal von Waffen, Transportern, Fluggeräten und Kommunikationstechnologien, das sich wie der Wunschtraum eines Kalte-Kriegs-Generals liest. Die Astronauten, die auf Regis III landen, besitzen Flugzeuge, die in der Luft stehen können, Antimateriewerfer, Photonenstrahlen als Antrieb, allgegenwärtige Bildüberwachung, Satellitenkommunikation und einen sphärischen Schutzschild, an dessen Feld jedes gegnerische Projektil verglüht. Der Witz dieses Wunderwaffenarsenals, das Lem mit technischer Präzision schildert, ist, dass es sehr genau die Waffenphantasien des Kalten Krieges verwirklicht: nicht nur H-Bomben und Kampfhubschrauber, sondern auch zielsuchende Missiles, Luftaufklärungs- und Nachrichtenübertragungstechnologie bis hin zum Abwehrprogramm SDI – kurzum eine Technik, die in Angriff und Abwehr (wie der Name des Raumschiffs sagt) »unbesiegbar« ist. Am Ende des Romans aber, der mit der Glorie des »größten Schiffs, über das die Flottenbasis im Sternbild der Leier verfügte«¹⁴ beginnt, wird deutlich geworden sein, dass diese Wunsch-Technik des Kalten Krieges alles andere als unbesiegbar ist. Sie findet einen Gegner, vor dem sie bestenfalls schnell und für immer das Weite suchen kann. Die Maschinen des in die Zukunft hochgerechneten Kalten Kriegs – monolithisch, riesig, schwer, von ungeheurem Zerstörungspotential und scheinbar unangreifbar – werden sich als durchaus besiegbare, nutzlos und hilflos gegenüber einer Macht erweisen, die (wie so oft bei Lem) ganz anders strukturiert ist als die konventionellen Waffen des Menschen.

Dieser Gegner ist ein Schwarm. Zuerst scheinbar Fliegen, dann eine riesige schwarze Wolke, in der mehrere Aufklärungsflugzeuge verschwinden, schließlich ein Geschwirr von kleinen Metallpartikeln, die sich zerstreuen, aber bei Bedarf zu einer einheitlichen Formation zusammenfinden. Ihre Wirkungsweise besteht bezeichnenderweise darin, dass sie die zentrale Steuerungsinstanz von Menschen und Maschinen außer Kraft setzen: sie löschen den Inhalt von Hirnen und Speicherchips. Als lose Partikelwolke ist dieser Schwarm nicht nur unangreifbar, er ist auch ungeheuer schwer abzuwehren: Der Schwarm umhüllt den Gegner, greift von allen Seiten an, zieht sich plötzlich zurück, um an anderer Stelle wieder anzugreifen. Es ist genau diese Taktik des »pulsing«, des von allen Seiten kommenden, immer neu geführten Angriffs, die heute als »Swarming« zum letzten Schrei militärischer Taktik-Theorie geworden ist. »Swarming occurs when several units conduct a convergent attack on a target from

14 | Stanislaw Lem: *Der Unbesiegbare*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1995, S. 7.

multiple axes. Attacks can be either long range fires or close range fire and hit-and-run attacks. Swarming usually involves pulsing where units converge rapidly on a target, attack and then re-disperse.« schreibt Sean J. A. Edwards in seiner 2004 eingereichten Dissertation für die RAND Corporation über Swarming.¹⁵ Was die Militärtheorie soeben erst als »the future of conflict« feiert, entwirft Stanislaw Lem hier als romaneske Phantasie vierzig Jahre zuvor. Dabei ist das Schwärmen durchaus keine genuine Erfindung post-moderner Kriegführung, sondern vielmehr eine der ältesten Taktiken überhaupt, von den Operationen Alexanders des Großen über die Mongolenstürme bis hin zu den Kämpfen um Grosny (1994-2000) und Bagdad (2003). Schwärmen gehört zum Krieg immer dann, wenn ein besser bewaffneter, aber weniger mobiler Gegner bekämpft werden muss, also eine starke Asymmetrie zwischen den Kriegsparteien herrscht. Wenn sich Ungleiche auf dem Schlachtfeld begegnen, dann wird geschwärmt.

Im Essay mit dem Titel *Waffensysteme des 21. Jahrhunderts oder The Upside Down Evolution* (1983) macht Lem deutlich, worum es ihm mit dem Schwarm-Szenario aus dem *Unbesiegbaren* gegangen ist. Die Schwarm-Technologie ist der Versuch, das Ungedachte der Waffentechnik des Kalten Kriegs zu denken. Der Emphase auf das Große und Komplizierte, auf die machtvolle Maschine, die Massenvernichtung, den hohen Kosten- und Energieaufwand und die top-down-Befehlsstrukturen, die die Waffentechnologie des 20. Jahrhunderts geprägt haben, setzt Lem eine Figur entgegen, die alles das nicht ist: simple und kleine Waffen, Dispersion statt konzentrierte Vernichtungsschläge, Selbstorganisation statt zentraler Befehlsstruktur. »Die letzte Phase der militärischen Panzer-Gigantomanie«, so Lem in seinem fiktiv auf das 21. Jahrhundert zurückblickenden Essay, »brach Mitte des Jahrhunderts zusammen und ging in die Phase der beschleunigten Mikrominiaturisierung unter dem Zeichen der künst-

15 | Sean J. A. Edwards: *Swarming and the Future of Warfare*, RAND Corporation 2005, URL: www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/2005/RAND_RGSD189.pdf. Edwards war Doktorand von John Arquilla und David Ronfeldt, die für die RAND Corporation die ersten und wegweisenden Studien zur vernetzten, dispersen Taktik, *Netwar* und *Swarming*, verfasst haben. Vgl. John Arquilla/David Ronfeldt: *Swarming and The Future of Conflict*, Santa Monica: Rand 2000, S. vii, URL: www.rand.org/publications/DB/DB311/. Und dies.: *Networks and Netwars. The Future of Terror, Crime and Militancy*, Santa Monica: RAND 2001, URL: www.rand.org/publications/MR/MR1382/. Für eine ausführlichere Analyse der »Feinde der Zukunft« in Netwar- und Swarming-Konzepten siehe: Eva Horn: Die Zukunft der Feindschaft: Netze, Schwärme, Viren, in: dies.: *Der geheime Krieg. Verrat, Spionage und moderne Fiktion*, Frankfurt a.M.: Fischer 2007, S. 478-503.

lichen ›Nicht-Intelligenz‹ über.«¹⁶ Lems spöttische Anspielung auf die zeitgenössische Forschung zur Künstlichen Intelligenz, die »in vergeblichen Versuchen die Funktionen des menschlichen Gehirns in Computern zu simulieren« suchte, hat sich mittlerweile bewahrheitet. Die KI-Forschung ist zunehmend der Erforschung von Swarm Intelligence und Artificial Life gewichen, die gerade nicht mehr anthropomorph vorgeht (d.h. als Simulation des menschlichen Denkens), sondern kooperativ Lösungen finden lässt von verteilten, simplen Akteuren ohne vorgefertigten Plan.¹⁷ »Statt eines globalen Planes zur Aufgabenbewältigung existieren viele lokale und einfache Verhaltensregeln, die dicht an der physikalischen Wirklichkeit liegen und in ihrer Struktur so unkomplex sind, dass sie oft durch einfache Schaltkreise realisierbar sind« – so lässt sich der Unterschied von Artificial Life und Artificial Intelligence für die Robotik beschreiben.¹⁸ Es ist diese andere Form der Organisation (und damit der »Intelligenz«), um die es Lem geht:

Nicht die KÜNSTLICHE INTELLIGENZ, sondern den KÜNSTLICHEN INSTINKT hätte man in erster Linie simulieren und programmieren sollen, denn die Instinkte sind so gut wie eine *Milliarde* Jahre früher entstanden, was ein klarer Beweis ist, dass sie leichter machbar sind. Die Spezialisten des 21. Jahrhunderts begannen sich mit der Neurologie sowie der Neuroanatomie der völlig gehirnlosen Insekten zu befassen. [...] Natürlich handelte es sich nicht darum, an leblosen Elementen vom Typus der CHIPS oder CROP Wespen, Fliegen, Spinnen oder Bienen zu simulieren, sondern lediglich um ihre Neuroanatomie mit eingebauten Serien der erforderten Verhaltensweisen, die auf das gewählte und programmierte Ziel gerichtet sind.¹⁹

Genau dies ist es, was die Forschung zur Swarm Intelligence (die de facto erst in den späten 1980er Jahren begann) untersucht.²⁰ Biologische Beispiele

16 | Stanislaw Lem: Waffensysteme des 21. Jahrhunderts oder The Upside Down Evolution, in: ders.: *Provokationen*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1988, S. 67-118, hier S. 91.

17 | Vgl. dazu Hans-Joachim Metzger: Genesis in silico. Zur digitalen Biosynthese, in: Martin Warnke, Wolfgang Coy, Georg Christoph Tholen (Hg.): *HyperKult. Geschichte, Theorie und Kontext digitaler Medien*, Frankfurt a.M.: Stroemfeld 1997, S. 461-511.

18 | Werner Kinnebrock: *Künstliches Leben. Anspruch und Wirklichkeit*, München: Oldenbourg 1996, S. 102.

19 | Lem: Waffensysteme, S. 93. Hervorhebungen bei Lem.

20 | Zu den Anfängen der Swarm Intelligence Forschung vgl. Eric Bonabeau/Marco Dorigo/Guy Theraulaz: *Swarm Intelligence. From Natural to Arti-*

le aus dem Verhalten der Insekten (Nahrungssuche, Arbeitsteilung, Auf-
räumarbeiten, Nestbau, oder kooperativer Transport) werden beschrieben,
modelliert und dann als Vorlagen für die Form eines Algorithmus, eines
Multiagenten-Systems oder das Design von Roboter-Gruppen genommen.
»Swarm intelligence offers an alternative way of designing ›intelligent‹
systems, in which autonomy, emergence, and distributed functioning re-
place control, preprogramming, and centralization.«²¹ Der Vorzug von
Schwarm-Intelligenz-Lösungen ist, dass sie »learning by doing« betreiben:
So finden etwa virtuelle Ameisen (also kleine Programme, die exakt das
Ausschwärmverhalten von Ameisen mit Pheromonspur simulieren) die
Lösung eines klassischen Graphentheorieproblems (den kürzesten Weg
durch 15 Punkte nehmen).²² Das bedeutet aber auch, dass ihr Verhalten nur
in seinen Grundparametern bestimmbar ist, nicht aber das Ergebnis. Da-
mit hat die Untersuchung von Schwarmintelligenz also mit zwei Rätseln
zu tun. Einerseits: welches ist das Resultat von Schwarm-Verhalten? Und:
Wie kommt es zu Schwarm-Verhalten? Ab wann »schwärmt« eine gegebene
Menge von Individuen? Was ist der Ursprung des Schwarms?

Genau auf diese fundamentale Frage nach dem Ursprung des Schwär-
mens gibt Lem eine Antwort, die – so hochspekulativ sie sein mag – auf
den ›Grund‹ dessen zielt, was als emergentes Schwärmen immer erst dann
beschrieben werden kann, wenn es bereits vorliegt. Lem, darauf hat Ben-
jamin Bühler hingewiesen, *erzählt* zu diesem Zweck eine Geschichte.²³
Der Name dieser Geschichte ist *Evolution*. Im Roman *Der Unbesiegbare*
überlegen die Wissenschaftler, nachdem sie bereits mehrere Männer und
Flugzeuge an den Schwarm-Feind verloren haben, was auf dem Planeten
geschehen sein mag, um diese seltsame, alles dominierende »Spezies«
hervorzubringen. Einer der anwesenden Biologen trägt nun eine hypothe-
tische Geschichte von Regis III vor. Vermutlich seien vor Jahrmillionen
auf dem Planeten einst die Raumfähren einer anderen, technisch hoch
entwickelten Zivilisation havariert. Während die Besatzung starb, blieben

cial Systems, New York, Oxford: Oxford University Press 1999, S. 7f. Allerdings
haben die Studien zur Bienensprache und zum Verhalten von Ameisenvölkern
hier wichtige Grundlagen gelegt. Für einen pointierten Überblick dazu sie-
he Benjamin Bühler/Stefan Rieger: *Vom Übertier*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp
2006, S. 60-75.

21 | Bonabeau/Dorigo/Theraulaz: *Swarm Intelligence*, S. xi.

22 | Ebd., S. 39-56. Zur Graphentheorie als Ursprung einer Theorie der
Netzwerke siehe Eugene Thacker: *Netzwerke – Schwärme – Multitudes*, in die-
sem Band, S. 36ff.

23 | Benjamin Bühler: *Tierische Kollektive und menschliche Organisati-
onsformen: Kropotkin, Cannetti, Frisch und Lem*, in diesem Band, S. 269.

die hochpotenten Maschinen intakt. »Es waren hochspezialisierte homöostatische Mechanismen, fähig, unter den schwierigsten Bedingungen zu überdauern. Sie hatten niemanden mehr über sich, der ihnen hätte befehlen können.«²⁴ Die Automaten beginnen einen Kampf gegen die lokale Fauna und Flora und schließlich auch gegen einander. Einige Automaten machen sich von den anderen unabhängig.

»Wesentlich«, so führt der Biologe aus, »war dabei meines Erachtens, dass diese Automaten imstande waren, je nach Bedarf andere Automaten zu produzieren. [...] Im Laufe ihres Bestehens auf dem Planeten, Hunderte von Generationen später, hörten die nachfolgenden Mechanismen auf, jenen ähnlich zu sein, von denen sie ausgegangen waren [...] Verstehen Sie? Damit begann eine tote Evolution, eine Evolution von Maschinen. Denn was ist schließlich das oberste Prinzip der Homöostase? Unter veränderlichen Bedingungen überdauern.«²⁵

Diese »tote Evolution« ist die Evolution nicht-lebender Organisationsformen, Organisationsformen allerdings, die sich verändern, sich an die Umwelt anpassen, sich reproduzieren und lernen können. Mit anderen Worten: diese Evolution ist alles andere als tot, auch wenn die Chemie ihrer Organismen nicht auf Kohlenstoff-Verbindungen und Proteinketten, sondern auf Metallen und Silicium beruht. Die Vorstellung, dass auch Maschinen »evoluierten« können, setzt voraus, dass sie das tun, was Evolution ausmacht: Umweltpassung, Selbstreproduktion und Verarbeitung/Weitergabe von Information. Die Idee, dass theoretisch auch Maschinen evoluierten können, folgt Überlegungen Norbert Wieners, der 1961 seiner *Kybernetik* von 1948 ein Kapitel *Über lernende und sich selbst reproduzierende Maschinen* anfügt.²⁶ Wiener geht dabei von John von Neumanns Theorie selbst-reproduzierender Automaten aus.²⁷ Bezeichnend ist, dass Wiener (nach langen Ausführungen über nichtlineare Übertrager und Rückkopplung) in einem kurzen Nachsatz auf biologische Organismen verweist: »Ich frage, ob dies, philosophisch betrachtet, sehr verschieden von dem ist, was geschieht, wenn ein Gen als Modell handelt, um andere Moleküle

24 | Lem: *Der Unbesiegbare*, S. 119.

25 | Lem: *Der Unbesiegbare*, S. 119-120.

26 | Norbert Wiener: *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine* [1948], Reinbek: Rowohlt 1968, Kap. Über lernende und sich selbst reproduzierende Maschinen [1961], S. 204-217.

27 | John von Neumann: *Theory of Self-Reproducing Automata*, hg. u. kommentiert v. A.W. Burks, Urbana, London: University of Illinois Press 1966. Der Text entstand 1952, wurde von von Neumann aber nicht beendet.

des gleichen Gens aus einer unbestimmten Mischung von Amino- und Nukleinsäuren zu formen [...]«. ²⁸

Als Mitglied der polnischen Gesellschaft für Kybernetik war Lem mit diesen Überlegungen zweifellos vertraut. Die Frage ist aber, was er daraus macht. Denn ein Schwarm als Paradigma und Ergebnis der Evolution von Maschinen, gewissermaßen als Telos von Evolution überhaupt, ist nichts, worauf Wiener oder von Neumann selbst gekommen sind. Ihre selbstreproduzierenden Automaten sind komplexer als nicht-selbstreproduzierende Automaten, das heißt: mit der Möglichkeit zur Evolution ist immer ein *Zuwachs* an Komplexität zu verzeichnen. Die Idee sich selbst reproduzierender Maschinen wurde darum – in der Wissenschaft wie in der Fiktion – eher in anthropomorphe (Schreckens-)Szenarien der Robotik umgesetzt, in Maschinen also, die so *wie* Menschen – aber erheblich *besser* – sein würden. ²⁹ Lems selbstorganisierender Schwarm dagegen eröffnet ein anderes Szenario – eine Entwicklung hin zum Einfachen, zum Kleinen, zur Minimalausstattung –, ein Szenario, das Grundideen der Kybernetik weiterdenkt. Im Essay ›Waffensysteme‹ entwirft er eine *umgekehrte* Theorie der Evolution. Das Massensterben der großen Organismen zwischen Kreidezeit und Tertiär haben, so bemerkt Lem, vor allem die Insekten relativ unbeschadet überstanden: »Gruppenbildende Insekten wie Ameisen, Termiten oder Bienen überlebten das Elementarereignis in fast unverletztem Zustand.« ³⁰ Gerade aufgrund ihrer verhältnismäßig einfachen Struktur seien sie außerordentlich anpassungsfähig an radikale Umweltveränderungen. Dieser Überlebensvorteil sei nun von der Technologieentwicklung des 21. Jahrhunderts aufgegriffen und imitiert worden: »Diese neue Epoche des Militärwesens nannten die zeitgenössischen Fachleute eine ›verkehrte Evolution‹ (*upside down evolution*), denn in der Natur entstanden in den ersten Anfängen einfache und mikroskopisch kleine Organismen, aus denen sich im Laufe von Millionen Jahren immer größere Gattungen entwickelten. In der Evolution der militärischen post-Atom-Ära herrschte hingegen der umgekehrte, nämlich der mikrominiaturisierende Trend.« ³¹ Von einzelnen großen, in sich komplexen, von einem zentralen Nervensystem gesteuerten, energieverbrauchenden Strukturen geht die Entwicklung hin zur Komplexität durch Selbstorganisation einfacher, kleiner Elemente, von den

28 | Wiener: *Kybernetik*, S. 217.

29 | So etwa bei Hans Moravec: *Mind Children. Der Wettlauf zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz* [zuerst 1988], Hamburg: Hoffmann & Campe 2001, der sich explizit auf Szenarien des Science-Fiction-Autors Isaac Asimov bezieht.

30 | Lem: *Waffensysteme*, S. 99.

31 | Ebd., S. 107.

Dinosauriern des Kalten Krieges zur Swarm Intelligence neuer Kriegführungsformen: eine invertierte Evolution.

Lems doppelte Umkehrung – die Evolution von groß nach klein verlaufen zu lassen und als ihr Paradigma ausgerechnet Maschinen, nicht lebendige Organismen zu nehmen – hat eine heuristische Pointe. Das Schwarm-Modell ermöglicht es Lem, die Prozesse des Lebens und seiner Evolution neu und anders zu denken. Sein Gedankenexperiment besteht dabei darin, das Leben aus seinem Medium des Organischen zu lösen. Genau dies ist nämlich die Implikation jener Überlegungen, die John von Neumann in seiner *Theorie selbst-reproduzierender Automaten* anstellt hat. Wenn es möglich ist, Selbstreproduktion von Maschinen zu denken, dann ist das Leben ein Vorgang, der in ein beliebiges Medium übertragen werden kann.³² Erst diese Verschiebung – eine Verschiebung oder Übertragbarkeit, die auch Wiener in seinem Nachsatz zur Biologie als Welt selbst-reproduzierender Maschinen vornimmt – ermöglicht es, das Leben als *Form*, als Organisationsstruktur zu sehen, jenseits seiner stofflichen Träger. Der Schwarm figuriert damit etwas, das als solches gar nicht figurierbar ist: *das »Leben selbst«*, und zwar als ein Prozess, der *nicht* auf eine anthropomorph gedachte Form von Komplexität zuläuft (»im Evolutionsspiel siegt doch immer das Wesen mit dem höher entwickelten Nervensystem, nicht wahr?« fragt ungläubig einer der Astronauten im *Unbesiegbaren*³³). Komplexität als Ergebnis evolutionärer Dynamik ist, so die Lehre Lems, nicht notwendig anthropomorph.³⁴ Evolution ist ein Prozess, der möglicherweise eine andere, den Menschen ausschließende, ihn zugleich unter- und überbietende Organisationsform hervorbringen und favorisieren wird – den Schwarm. Lems Gedankenexperiment macht so eines deutlich: Möglicherweise ist der Mensch, sind die Tiere, die Pflanzen, ist alles Organische nur »Medien« einer Organisationsform, die – wie die Forschungen zum Artificial Life seit einigen Jahren demonstrieren – auch in ganz anderen Medien stattfinden kann. Der Schwarm figuriert so ein Ende des Menschen, ein Ende, das zugleich aber auch die Grundlage seiner Existenz ist: die Selbstorganisationsprozesse des Lebendigen.

32 | von Neumann: *Theory of Self-Reproducing Automata*, insb. S. 78f., S. 126-131. Neumanns gesamte Theorie der Selbst-Reproduktion benutzt Begriffe, die analog zu biologischen Funktionen gedacht sind: Stimulus, Muskeln, Wachstum, Neuronen, Evolution, Organe, Degeneration etc.

33 | Lem: *Der Unbesiegbare*, S. 121.

34 | Ähnlich argumentiert von Neumann, dass die Fähigkeit zur Selbstreproduktion nicht notwendig zu komplexeren Automaten führen muss, s. von Neumann: *Theory of Self-Reproducing Automata*, S. 79 und S. 287.

Evolution II: *hard, soft, wet und nano*

Lems Konzept einer »toten«, nicht im Organischen stattfindenden Evolution nimmt die epistemologischen Grundlagen gegenwärtiger Modellierungen von »Leben« im Computer vorweg und denkt damit Leben als reine, abstrakte Form von Organisation. So aktuell dies ist, so altmodisch ist doch seine Vorstellung davon, was Evolution antreibt. Lems *umgekehrte Evolution* ist eine, deren Mechanismen noch ganz vom Darwinschen Narrativ vom *Kampf* der Arten und dem *survival of the fittest* getragen ist. In ihr gibt es nur zwei Optionen – überleben oder aussterben. Selektion und Überleben sind ihr Motor, ein im Grunde linearer Prozess des langsamen und kontinuierlichen Verschwindens gewisser Formen beim Vormarsch anderer. Jener Umschlagspunkt, die *Emergenz* des Schwarms oder neuer Arten muss darum in Lems Narrativ ausgespart werden. Das Narrativ »Evolution« in seiner (neo)darwinistischen Ausprägung ist ein kontinuierlicher, gradueller Prozess ohne Sprünge, das Auftauchen neuer, unableitbarer Formen von Leben ist hier nur *ex post* und nur als Form der Umweltanpassung beschreibbar.³⁵ Genau diese Vorstellung ist von Evolutions-Biologen wie Stephen Jay Gould oder Komplexitätstheoretikern wie Stuart Kauffman in den letzten Jahren massiv in Frage gestellt worden. Gould schlug vor, Evolution nicht als graduellen Prozess, sondern die Ausdifferenzierung von Arten als »unterbrochenes Gleichgewicht« (*punctuated equilibrium*) zu beschreiben, in dem lange Phasen ohne Veränderungen von kurzen Momenten des intensiven Umbruchs unterbrochen werden.³⁶ Was diese Veränderungen hervorruft, sind nicht einfach zielgerichtete Formen der Anpassung, sondern *Nebeneffekte*, die Gould und Lewontin »spandrels« genannt haben: »Evolutionary biology,« so Gould/Lewontin, »needs such an explicit term for features *arising as byproducts*, rather than adaptations, whatever their subsequent exaptive utility [...]«. ³⁷ Eigenschaften sind da oder entstehen, ohne dass sie sofort funktional sein müssen – sie sind Nebeneffekte, die lange bestehen können, bevor sie irgendwann plötzlich

35 | Vgl. den prägnanten Überblick über die gegenwärtigen Ansätze der Biologie bei Martinez J. Hewlett: *Biological Models of Origin and Evolution*, in: Nancy Murphy/William Stoeger (Hg.): *Evolution and Emergence. Systems, Organisms, Persons*, Oxford: Oxford University Press 2007, S. 158-172.

36 | Stephen Jay Gould/Niles Eldredge: *Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism*, in: T.J.M. Schopf (Hg.): *Models in Paleobiology*, San Francisco: Freeman, Cooper & Co. 1972, S. 82-115.

37 | Stephen Jay Gould: *The exaptive excellence of spandrels as a term and prototype*, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94 (1997), S. 10750-10755, hier: S. 10750, Hervorhebung E.H.

Funktionen übernehmen. Genau dieses plötzliche Ineinandergreifen solcher Eigenschaften mit Umweltbedingungen oder mit den Eigenschaften anderer Organismen (etwa in Symbiosen oder im Schwarm-Verhalten) ist das Moment evolutionärer Emergenz. Stuart Kauffman hat argumentiert, dass damit Prozesse der Selbstorganisation für die Entstehung biologischer Komplexität (in Systemen wie in einzelnen Organismen) genau so wichtig sind wie die der Selektion.³⁸ Das Leben, so Kauffman, entsteht – oder besser: *entspringt* – der »spontanen Kristallisation« präbiotischer Moleküle, die zum Katalysator für Netzwerke von Reaktionen werden können. Leben ist eine kollektive Eigenschaft eines Systems interagierender Moleküle.³⁹ Mit anderen Worten: Leben besteht in und entsteht aus Prozessen, die im plötzlichen und unvorhersehbaren Ineinandergreifen von Faktoren eine komplexe Ordnung hervorbringen. Seine Erscheinungen sind unvorhersehbar und kontingent, Evolution ist, wie Kauffman Jacques Monod zitiert, »chance caught on the wing«.⁴⁰

Auf diesem Stand einer post-darwinistischen Biologie, die systemische Prozesse der Selbstorganisation und Emergenz untersucht, die zu diesem Zweck Organisations- und Operationsformen des Lebens in Computern simuliert und die schließlich auch in der Lage ist, dieses Wissen in künstlich erzeugte Organismen umzusetzen, operieren neuere Bio-Thriller. Auch sie stellen die Frage nach einer *Geschichte* des Lebens, einer Geschichte, die nicht mehr die des Darwinschen Kampfs ums Überleben ist, sondern eine von schnellen, überraschenden, spontanen Ereignissen. Geschichten von Schwärmen, die sich plötzlich zusammenballen. Geschichten von Spezies, die plötzlich auftauchen. Geschichten von harmlosen Arten, die plötzlich angreifen. Wenn Emergenz, wie Goldstein sie fasst, sich per definitionem durch die ostentative *Wahrnehmbarkeit* eines neuen Phänomens (oder einer neuen »Gestalt«) auszeichnet, dann ist der Schwarm im kollektiven Imaginären genau der Modus oder besser: die *Figur* dieser – nicht selten schrillen und schrecklichen – Wahrnehmbarkeit biologischer Emergenzphänomene. Wo Lem den Moment der Emergenz in seiner gerafften paläologischen Hypothese nur einklammern kann, geht es neueren Schwarm-Fiktionen gerade darum, die Dynamiken von Selbstorganisation und Evolution am konkreten Fall und im Moment ihres Erscheinens aus-

38 | Vgl. Stuart Kauffman: *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*, New York, Oxford: Oxford University Press 1993, Themes, S. xiii–xviii.

39 | Stuart Kauffman: *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*, New York, Oxford: Oxford University Press 1995, S. 23.

40 | Kauffman: *The Origins of Order*, S. 25.

zuleuchten. Bemerkenswert ist dabei, dass sowohl Michael Crichtons *Prey* wie Frank Schätzing's *Der Schwarm* den Menschen dabei nicht mehr als fassungslosen, externen Beobachter der »toten Evolution« denken, sondern als *Agent* und *Akteur* im biologischen Geschehen. Der Mensch ist Teil jenes Lebens, das der Schwarm figuriert, er ist Teil, aber auch Verursacher einer Evolution oder einer Emergenz, deren Gesetze und Dynamiken er – trotz aller Forschung – gerade *nicht* versteht. Beide Romane erzählen von den Folgen dieses Nicht-Verstehens, und beide wollen eine Lehre erteilen: eine Lehre über die Konsequenzen eines Handelns, das nicht in der Lage ist, die komplexe Verflochtenheit und Unvorhersehbarkeit des Lebendigen in Rechnung zu ziehen.

Beide Romane sind Warngeschichten. Crichtons Plot folgt getreu jenem ältesten Schema der Wissenschafts-Fiktion, das Mary Shelleys *Frankenstein* (1818) geprägt hat: ein Experiment, das schief geht, weil seine Folgen nicht absehbar waren. Jack Forman, studierter Biologe und nun arbeitsloser Experte für die Programmierung von Multiagentensystemen und Artificial Life, versorgt als Hausmann seine drei Kinder, während seine Frau Julia im Vorstand einer Nanotechnologie-Firma ist. Diese Firma hat einen Großauftrag des Militärs für Aufklärungskameras im Nano-Format erhalten, die sie in einer Fertigungsanlage von Nevada herstellen. Die Nano-Drohnen sollen sich zu einem Schwarm zusammenschließen können, der weder abgeschossen noch wahrgenommen werden kann und damit ideal ist für die heimliche Aufklärung feindlichen Terrains. Hergestellt werden sie von sogenannten biologischen Assemblern (in diesem Fall von der Darmbakterie *Escherischia coli*), die die Einzelteile der Nano-Kameras zusammenfügen. Eingepflanzt wird ihnen ein Computerprogramm, das ihnen ermöglicht, zusammenzuströmen, sich auf ein Ziel zu fokussieren und dieses zu »jagen«. Es ist ein Programm, das die Verhaltensweisen von Raubtier-Rudeln im Umgang mit ihrer Beute simuliert (nach diesem Programm der Titel *Prey*) – und Autor dieses Programms war Jack Forman. Um zu testen, ob die Idee außerhalb des Labors funktioniert, lassen die Nano-Forscher den Schwarm nach draußen in die Wüstenlandschaft. Und natürlich beginnt damit das Desaster: Die Schwärme sind zwar für militärische Zwecke nicht zu gebrauchen, weil sie vom Wind auseinandergeweht werden können, aber sie entwickeln in schnellster Zeit ein eigenständiges Verhalten und sind von ihren Erfindern nicht mehr zu steuern. Zunächst versucht Julia als ehemalige Kinderpsychologin, den Schwarm wie ein Kind zu erziehen. Der Schwarm lernt zwar, aber anders als Kinder lernt er gerade nicht zu *gehören*. Darum wird schließlich Jack Forman als Experte für Swarm Intelligence in Computerprogrammen gerufen, den Schwarm in den Griff zu bekommen. Er lernt dabei zwar – wie der Leser – eine Menge über das aus dem Ruder gelaufene Schwarm-Verhalten, am Ende hilft

aber nur Thermit und ein biologisches Gegenmittel, um eine katastrophale Ausbreitung der Schwärme in letzter Minute zu verhindern.

Eine klassische *Frankenstein*-Geschichte also: künstliches Leben außer Kontrolle. Dabei sind die Nano-Apparaturen, aus denen der Schwarm bei Crichton besteht, alles andere als klassische Formen organischen Lebens. Vielmehr sind sie seltsame Hybride, die von Neumanns Hypothese, dass das Leben als Form unabhängig von einem bestimmten Medium ist, auf unheimliche Weise bestätigen und radikalieren. Sie sind nämlich dreierlei: teils Maschine, teils Organismus und teils Programm – Hybride aus Nanotechnologie, Gentechnik und Informatik. Was die Nanotechnologen nicht begreifen, ist, dass diese von ihnen geschaffenen Partikel *leben* – mit allem, was dazu gehört: Sie versorgen sich mit Energie, sie können sich reproduzieren, koordinieren und kollektiv handeln – und (was das Schlimmste ist) sie *lernen*. So vermehrt sich der Schwarm exponentiell und legt jeden Tag ein neues, immer gefährlicheres Verhalten an den Tag: erst jagt er, dann simuliert er seine Erfinder, schließlich tötet er sie. Die Voraussetzungen seiner Eigenständigkeit wurden ihm absichtlich durch die Konstrukteure mitgegeben: eine eigene Energieversorgung durch Solarkollektoren, die Programmierung zum intelligenten kollektiven Verhalten, die Bio-Assembler, die auf jedem Stück organischer Materie ihre Nahrung finden und sich in der Wärme der Wüste mit ungeheurer Geschwindigkeit reproduzieren. Aber die Konstrukteure waren sich nicht bewusst, was sie mit dieser systemischen Kombination von Eigenschaften geschaffen haben: etwas, das sich nicht mehr ›ausschalten‹ lässt, weil es sich selbst steuert, versorgt und reproduziert. Genau dies ist gleichermaßen der Traum wie die (unbedachte) Kehrseite der Schwarm-Intelligenz, wie Jack Forman sinniert: »In all the years that I had been programming agents, the focus had been on getting them to interact in a way that produced useful results. *It never occurred to us that there might be a larger control issue, or a question of independence.*«⁴¹ Der Schwarm stellt und ist ein Kontroll-Problem. In dem Maße, wie die Nano-Maschinen anfangen zu »schwärmen«, sich selbst zu organisieren, Informationen zu verarbeiten und sich zu reproduzieren – in genau diesem Maße geraten sie außer Kontrolle.

Dieses Außer-Kontrolle-Geraten des Schwarms verweist dabei – das vorzuführen ist Crichtons erklärtes Anliegen – auf fundamentale Denkfehler der Wissenschaft. Insbesondere die Nano-Technik hält Crichton, wie er im Vorwort des Buches darlegt, für außerordentlich gefährlich.⁴²

⁴¹ | Michael Crichton: *Prey*, New York: Avon 2002, S. 198. Hervorhebung E. H.

⁴² | Vgl. Crichton: *Prey*, S. xvi. Crichtons Vorwort über »Artificial Evolution in the Twenty-First Century« ist insgesamt eine nachdrückliche War-

Nanotechnologie, das macht einer ihrer Begründer, K. Eric Drexler deutlich, sieht sich selbst als Technologie, das heißt als ein mechanisches Bauen mit unbelebter Materie, wenngleich am »ultimate limit of fabrication«. ⁴³ Nanotechnologie ist aber nicht nur eine Form von grenzwertigem Maschinenbau, sie ist durch und durch interdisziplinär, nutzt Einsichten von Biologen, Physikern, aber auch Werkstoffchemikern, Ingenieuren und Informatikern. So hybrid die epistemologischen Grundlagen und Quellen nanotechnologischer Forschung sein mögen, sehen sich Gründerfiguren wie Drexler dennoch in letzter Konsequenz als eine Avantgarde von Ingenieuren: Man baut Maschinen, Roboter (sogenannte *nanobots*), so klein diese auch sein mögen. Genau dieses Selbstverständnis der Nanotechnik wird aber innerhalb der Community heftig diskutiert, wobei dem mechanistischen Modell der Ingenieure ein organisistisches Verständnis von Nanotechnologie entgegengehalten wird. ⁴⁴ Dieses setzt weniger darauf, die richtigen Teile im richtigen Verhältnis an ihren Platz zu bekommen als darauf, dass die Nanomaschinen sich selbst zusammensetzen. Ihre Modelle sind nicht die Baupläne der Mechanik, sondern die Selbstorganisationsprozesse der Biologie: »A self-assembling process is one in which humans are not actively involved, in which atoms, molecules, aggregates of molecules and components arrange themselves into ordered, functioning entities without human intervention. [...] People may design the process, and they may launch it, but once underway it proceeds according to its own

nung vor neuen Technologien (Gentechnologie, Computertechnologie und Nanotechnologie sind seine Kandidaten), die Produkte hervorbringen, deren Wechselwirkungen mit anderen Organismen die beteiligten Wissenschaftler nicht absehen können. Crichton führt vor, wie genau er den Stand der Forschung (von 2002) recherchiert hat und gibt dem Leser am Ende des Romans eine recht brauchbare Bibliographie zur Einführung in die Themen Verteilte Intelligenz, Nanotechnologie und Genetik samt der einschlägigen Werke zur Swarm Intelligence.

43 | So ein Aufsatztitel von K. Eric Drexler: *Molecular Manufacturing: Perspectives on the Ultimate Limit of Fabrication*, in: *Philosophical Transactions of The Royal Society. Mathematical, Physical & Engineering Sciences* 353/1703 (Dec. 15, 1995): Perspectives on the Limits of Fabrication and Measurement, S. 323-331. Siehe auch K. Eric Drexler: *Nanosystems, Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation*, New York: Wiley & Sons 1992.

44 | Vgl. dazu Bernadette Bensaude-Vincent: *Nanobots and Nanotubes. Two Alternative Biomimetic Paradigms of Nanotechnology*, in: Jessica Riskin (Hg.): *Genesis Redux. Essays in the History and Philosophy of Artificial Life*, Chicago, London: University of Chicago Press 2007, S. 221-236.

internal plan [...]«.45 Nanotechnologie ist eine Technologie, die sich idealiter selbst baut. Als Selbstorganisationsprozess bewegt sie sich damit an einer Grenze: der Grenze zu den Prozessen des Organischen, der Grenze zum Lebendigen. Und genau das scheinen die Nanotechniker im Roman nicht verstanden zu haben.

Denn sie haben gerade auf diese quasi-organischen Selbstbauprozesse (in diesem Fall das Hinzuziehen von lebenden Organismen als Assembler) gesetzt. Sie fusionieren so *Hardware* (also die Bauteile der Nano-Kameras), *Software* (den Schwarm- und Jagd-Algorithmus, der die Partikel dazu bringt, sich zu koordinieren und rasant schnell zu lernen) und *Wetware*, das organische Material, das die Verkörperung des Funktionsprogramms ist. Das künstliche Leben der Computer-Simulation von (in der Natur gegebenem) Schwarm-Verhalten oder Jagd-Verhalten wird so in die Natur zurückeingespeist in Form von hybriden künstlichen Lebensformen.⁴⁶ Damit sind die Schwärme in *Prey* mehr als nur warnende Beispiele für unabsehbare Technologiefolgen, als die Crichtons besorgtes Vorwort sie einführt. Das künstliche Leben lehrt etwas über die Dynamiken des Lebendigen – und diese Lehre bezieht sich genau auf jenen Moment, in dem der Schwarm sich zusammenballt, in dem er lernt und sich der Lenkung von außen entzieht: die Emergenz von Intelligenz. Diese Emergenz haben die Wissenschaftler erzeugen wollen und in ihrem Resultat dennoch nicht vorhergesehen. Der Schwarm ist damit das sinnfällige Bild des Kontrollverlusts, der der Preis von Dynamiken der Selbstorganisation ist. Denn die komplexe Ordnung, die in Prozessen der Selbstorganisation entsteht, garantiert nicht, dass sie sich selbst in der Balance halten kann. Während negatives Feedback ein System stabil hält und Gleichgewichte herstellt, sorgt positives Feedback, die Verstärkung des System-Outputs durch mehr vom Gleichen, für Selbststeigerung der Systemdynamik. Es ist genau dieses »Mehr«, das in der exponentiellen Vermehrung der Schwarm-Partikel stattfindet. Auch wenn keine Selbstorganisation ohne positives Feedback zustande kommen kann, so ist es doch diese Steigerungsdynamik des positiven Feedbacks, die Systeme zur qualitativen Veränderung, aber auch zur Eskalation treibt: *more is different*. Nur durch positives Feedback und die ihm inhärente Dynamik der Selbstverstärkung und Steigerung ist Selbstorganisation in der Lage, genuin Neues hervorzubringen.⁴⁷ Genau darin

45 | George Whitesides: Self-Assembling Materials, in: *Scientific American* 273/3 (Sept. 1995), S. 146-149.

46 | Auf diese geradezu ironische Struktur des Feedback im Artificial Life verweist Metzger: *Genesis in silico*, S. 462.

47 | Vgl. Scott Camazine et al.: *Self-Organization in Biological Systems*, Princeton: Princeton University Press 2001, S. 15-27.

liegt aber auch das Risiko selbstorganisierter Systeme. Die Emergenz nicht vorhersehbarer Ergebnisse ist die beunruhigende, aber um so faszinierendere Seite der Selbstorganisation: Ihre Produkte und Dynamiken lassen sich nicht restlos im Blick auf die Teilsysteme erklären und noch weniger kontrollieren. Schwärme sind »out of control« in exakt dem Moment, wo sie beginnen, ein Schwarm zu werden.⁴⁸

Evolution III: Globale Intelligenz

Crichtons Desaster, das am Ende nur durch eine biologische Lösung alter Schule (Phagen, die die Assembler-Bakterien umbringen) in den vorläufigen Griff gebracht werden kann, ist gleichwohl ein lokales. Um nicht weniger als die ganze Welt geht es dagegen Frank Schätzing's Thriller *Der Schwarm*.⁴⁹ Der Technik-Skepsis Crichtons setzt Schätzing einen Natur-Spiritualismus entgegen, der dem Schwarm eine letzte, gleichsam ethische Aufladung verleiht. Schätzing's Schwarm ist das große Ganze: die Allegorie der Dynamik des Lebendigen, des Lebens selbst. Wo es um dieses große Ganze geht, kann das Szenario nichts anderes sein als eine Katastrophe globalen Ausmaßes. Schätzing's Buch erzählt von einem Krieg, einem Angriff auf die Menschheit, der von einer gänzlich vernachlässigten, scheinbar völlig harmlosen Seite her kommt: den Tieren. Innerhalb weniger Wochen werden nicht nur Fische und Meeressäuger plötzlich aggressiv gegen Menschen und Schiffe, sondern es tauchen auch seltsame Mutationen bekannter Lebewesen auf: Tiefsee-Schlammwürmer mit überdimensionierten Kiefern, Hummer, die hochtoxische Mikroalgen enthalten, wandernde Muscheln, die Schiffsschrauben blockieren können. Schiffskollisionen, massenhafte Vergiftungen, von Walen angegriffene Segler und schließlich ein von unterirdischen Methanverpuffungen ausgelöster Tsunami an den Küsten Nordeuropas sind die Folge. Natürlich fragt sich die von einer amerikanischen Generalin einberufene Expertentruppe eine ganze Weile lang, ob nicht arabische Terroristen ganz einfach den Rohöl-Markt manipulieren wollen. Irgendwann aber wird klar, dass es hier nicht um Terroristen geht – sondern um animalische Akteure. Große und kleine Tiere, vom Einzeller bis zum Blauwal, sind es, die Schiffe zum Kentern bringen und schließlich einen ganzen Kontinentalhang abrutschen lassen, um sich des Menschen

48 | Genau diesen Aspekt von Dynamiken der Selbstorganisation hebt der hervorragende Überblick von Kevin Kelly hervor: Kevin Kelly: *Out of Control. The Rise of Neo-Biological Civilization*, Reading/MA: Addison-Wesley 1994, insbesondere Kap. Hive-Mind, S. 5-24.

49 | Frank Schätzing: *Der Schwarm*, Köln: Kiepenheuer & Witsch 2004.

zu entledigen. In dieser Krise sind Walschützer und Meeresbiologen plötzlich nicht mehr die Verkörperung des ökologischen Gewissens, sondern einfach die besseren Analytisten, weil sie biologische Emergenz denken können. Was sie finden, ist eine hoch entwickelte Intelligenz, die nichts anderes ist als die Aggregation einer riesigen Menge von Einzellern: ein Schwarm, den die ratlosen Forscher die »Yrr« nennen. Offenbar existieren sie seit Anbeginn der Besiedlung des Planeten und haben nun den Menschen, der die Meere überfischt und vergiftet, als ökologischen Störfaktor ausgemacht. Was diese Instanz der biologischen Intelligenz tut, ist nichts anderes, als was avancierte Biotechnologie bestenfalls versucht: Sie erzeugt ihre Waffen in Form von mutierten Krabben, Würmern und Bakterien. Aber anders als der gentechnologisch experimentierende Mensch »weiß« die Intelligenz der Yrr sehr genau, welche globalen systemischen Folgen ihre lokalen Eingriffe haben werden (z.B. der Abrutsch eines Kontinentalhangs durch die Kombination von methanabbauenden Bakterien, mutierten Schlammwürmern und einer Manipulation der Meeresströmung). Sich des Menschen zu entledigen, der die Meere verseucht und überfischt, ist aus dieser globalen Perspektive nichts anderes als eine ökologisch stabilisierende Maßnahme, ein Eingreifen in jenen Teil des Netzwerks, der sich zum Schaden des Gesamtsystems auswirkt.

So aberwitzig dieser Plot klingen mag, so präzise recherchiert sind gleichwohl seine epistemologischen Grundlagen.⁵⁰ Denn der Kern des Szenarios, ein intelligentes, selbstorganisiertes Kollektiv aus Einzellern, das alle möglichen Formen annehmen, sich dissoziieren und assoziieren kann ohne irgendeine Leitungsinstanz greift frühe Forschungen von Evelyn Fox Keller und Lee A. Segel zur biologischen Selbstorganisation auf und denkt sie weiter. Keller/Segels Gegenstand war ein zellulärer Schleimpilz, *Dictyostelium discoideum*.⁵¹ Dieser Pilz tritt unter bestimmten Umständen als Amöbe auf, unter anderen aggregiert er zu einem Zellorganismus, der

50 | Aufschlussreich ist in dieser Hinsicht die Liste der Danksagungen am Ende von Schätzings Buch, die so ähnlich funktioniert wie Crichtons Bibliographie: als Ausweis der Wissenschaftlichkeit. Bedankt werden etliche Genetiker, Meeresbiologen und -geologen, sowie zahlreiche Wissenschaftsjournalisten. Unter ihnen sind einige Wissenschaftler, die selbst als Autoren populärer Sachbücher oder Romane in Erscheinung getreten sind, wie U.A.O. Heinlein oder Manfred Reitz.

51 | Der bahnbrechende Artikel der Biologin Evelyn Fox Keller und des Mathematikers Lee A. Segel und ihre nachfolgenden Forschungen werden seither als das »Keller-Segel-Modell« zitiert. Evelyn Fox Keller/Lee A. Segel: Initiation of slime mold aggregation viewed as an instability, in: *Journal of Theoretical Biology* 26/3 (März 1970), S. 399-415.

sich wie eine Made bewegt und schließlich durch die Ausbildung eines Fruchtkörpers vermehrt. Andere Forscher haben nachgewiesen, dass diese Amöben sogar »intelligent« genug sind, den kürzesten Weg durch ein Labyrinth zu einer Futterquelle zu finden.⁵² Schätzing's Yrr sind damit ein fiktives Modell biologischer Selbstorganisation, hochgerechnet auf globalen Maßstab: ein Gedankenexperiment über die Entstehung von komplexer Intelligenz aus der Aggregation simpelster Organismen. Die Yrr sind eine amorphe Masse, die immer wieder andere Formen annehmen kann, die wie die Schleimpilze oder Ameisen über Signalstoffe kommuniziert und die denken und erinnern kann. Wie beim Bienenschwarm, der auch ohne Speichermedien ein weitaus längeres Gedächtnis hat als das Leben der einzelnen Biene, ist es bei den Yrr die unendliche Vielzahl der Einzelorganismen, aus der Denkfähigkeit und ein unendliches Gedächtnis erwachsen.

Die Yrr sind so die Verkörperung der Swarm Intelligence, sie sind das Wesen der »Schwarmhaftigkeit«. Spiritueller gesonnen als Crichton, der für vorsichtige Technikfolgenabschätzung plädiert, entwirft Schätzing seinen Schwarm als *Alternative zum Menschen*: Sie »verkörpern einen zweiten Weg der Evolution zu intelligentem Leben«. ⁵³ Statt eines zentralen Nervensystems, das dem Individuum ermöglicht, im Verlauf seines begrenzten Lebens zu lernen, aber dieses Wissen nur in sehr beschränkter Menge und über fragile Medien weiterzugeben, sind die fiktiven Yrr das Modell für ein Wissenssystem, in dem nichts verloren geht: Sie speichern Informationen auf bestimmten, reparaturresistenten Abschnitten ihrer DNA. Damit ist das Kollektiv der Yrr ein großes und simultan abrufbares Archiv des Wissens aller Einzelzellen seit Beginn ihrer Existenz. »Individuelles Wissen wird vereinheitlicht, Unbekanntes untersucht. Anfangs sind einige Kollektive neuen Herausforderungen nicht gewachsen, aber im Austausch lernen sie dazu. Bis zu einem gewissen Zeitpunkt läuft die Lernentwicklung linear, darüber hinaus ist das Verhalten der Kollektive nicht mehr vorhersehbar.«⁵⁴ Die *andere* Evolution, die der Schwarm verkörpert, wirft ein Licht auf die Mängel jener Evolution, die die menschliche Intelligenz möglich gemacht hatte – und damit auch auf die Mängel der menschlichen Denkmöglichkeiten. Zentrale Nervensysteme werden nicht nur immer wieder

52 | So die Forschungen von Toshiyuki Nakagaki, Bio-Mimetic Control Research Centre, Nagoya, Japan, am Schleimpilz *Physarum polycephalum* von 2000. Toshiyuki Nakagaki/Hiroyasu Yamada/Ágota Tóth: Intelligence: Maze-Solving By An Amoeboid Organism, in: *Nature* 407/6803 (Sept. 28, 2000), S. 493-496.

53 | Schätzing: *Der Schwarm*, S. 839.

54 | Ebd., S. 847.

von Neuem das Wichtigste vergessen, sondern auch nie das große Ganze erfassen können, weil sie nicht im System, nicht *im Schwarm denken*. Für Schätzing ist die akkumulative, globale und vergessenslose Schwarm-Intelligenz der Yrr ein Anderes des Menschen, das diesen zugleich umfasst und übersteigt: eine Meta-Intelligenz. In diesem Schwarm-Spiritualismus ist der Schwarm am Ende ein romantisches Modell der intelligenten Natur, der sich der Mensch nur ehrfürchtig unterwerfen kann, indem er sich als ein kleiner Teil des Systems denkt – und damit anfinde, selbst Schwarm zu werden.

Schluss

Schwärme sind nicht nur mehr als die Summe der Individuen, die sie bilden. Schwärme sind, in der Wissenschaft wie in der Fiktion, Modellierungen für etwas, das den Grund allen »Lebens« darstellt. Schwärme sind *das »Leben selbst«*, sie machen die unüberschaubare Verwobenheit der Prozesse des Lebens sichtbar in einer Figur, die immer zugleich vieles und eines ist. Als Relationalität, aus deren Einzelementen das Zusammenspiel der Gesamtheit nicht ableitbar ist, figuriert der Schwarm die irreduzible Konnektivität des Lebendigen; als ständige Bewegung die Dynamik einer Evolution, die reiner Prozess, reines Erscheinen ist. In der hypnotischen Wirkung, die Schwarm-Formationen auf das Auge haben, in der irritierenden und nicht selten im Modus des Horrors wahrgenommenen Undurchschaubarkeit ihres zugleich chaotischen und koordinierten Operierens sind Schwärme Makro-Darstellungen dessen, was das »Leben selbst« auf der molekularen Ebene ausmacht. In diesem Sinne ist Schwarmforschung immer Grundlagen-Forschung, und Schwarm-Fiktionen sind narrative Reflexionen auf diese Grundlagen. Diese mögen als Gedankenexperiment auf die Implikationen der Kybernetik für die Evolutionstheorie (Lem), als pädagogische Parabel über mangelnde Technikfolgenabschätzung (Crichton) oder als Meditation über die Selbstverortung des Menschen in einer vernetzten und intelligenten Natur (Schätzing) angelegt sein. Immer ist der Schwarm auch hier mehr als die Summe seiner Teile, mehr als eine Aggregation kooperierender Tiere – mit anderen Worten: mehr als ein Schwarm. Er wird zum Modell für überlegene Waffentechnologie, für effiziente Computerlösungen, für die Emergenz unerwarteten und bedrohlichen Verhaltens, oder für eine systemische Intelligenz, die der des Menschen konstitutiv überlegen ist. Während die Modellierungen und Theorien zu Schwarm-Intelligenz und Selbstorganisation sich aber auf die (Re-)Konstruktion der Operationsalgorithmen im Schwarm-Verhalten konzentrieren und damit vor allem John von Neumanns Idee folgen, dass

Leben als reine Organisationsstruktur auch in anderen Medien als dem Organischen gedacht werden kann, gehen die Fiktionen in die entgegengesetzte Richtung: weg von der Abstraktion hin zur schrillen Bebilderung. Die Darstellung von Schwärmen in der Wissenschafts-Fiktion schwankt darum ähnlich wie die populärwissenschaftlichen Publikationen über Smart Mobs und »Swarming« zwischen Euphorie und Horror.⁵⁵ Aber auch das sind nur weitere Modi der Darstellung und des Verstehens. Am Ende werden Schwärme das gewesen sein, was weder Wissenschaft modellieren noch Fiktion imaginieren kann: *Erscheinung* des Lebens.

55 | So bei Howard Rheingold: *Smart Mobs: The Next Social Revolution*, Cambridge/MA: Perseus 2003, Albert-László Barabási: *Linked. The New Science of Networks*, Cambridge/MA: Perseus 2002, dagegen kritischer und differenzierter Kevin Kelly: *Out of Control*.