

# Der Mensch: das Tier, der Automat. «Koevolution» von Mensch und Maschine

Eduard Kaeser, Bern

## Zusammenfassung

Der Mensch ist ein Werkzeugfinder. Seit dem Faustkeil lebt und entwickelt er sich mit seinem Werkzeug zusammen. Im Laufe dieser Entwicklung zeigt sich immer mehr die Tendenz des Werkzeugs und Geräts zur Verselbständigung. Schon in der Antike faszinierte die Maschine, die sich selber bewegt, der Automat. Der triumphale Siegeszug der modernen Technologie, heute vor allem der Robotik, scheint nun freilich nicht nur die Aussicht auf eine «Ko-Evolution» von Mensch und Maschine zu eröffnen, sondern mehr: die selbständige, «selbst-replikative» Weiterentwicklung der Maschine. Löst sich die Maschine in einer «post-biologischen» Evolution gar vom Menschen ab? Solche Szenarien stehen heute im hohen Kurs unter Technovisionären. Sie wecken alte ambivalente Gefühle. Die bekannte Ambivalenz von Segen und Fluch, Verführung und Angst. Einerseits besteht die Verführung, menschliche Fähigkeiten hinauszulagern, zu verbessern und zu potenzieren im Werkzeug, im Gerät, im Automaten. Andererseits herrscht die Angst als ständige Begleiterin, dass sich das so hinausverlagerte, maschinisierte Menschliche am Ende emanzipieren, wenn nicht gar – als Monstrum – gegen den Menschen richten könnte. Umso drängender stellt sich deshalb die Frage: Werden wir die Maschinen, die wir «riefen», nicht mehr los?

## *Man: The animal, the automaton.*

### *The «coevolution» of man and machine*

*Man is a «toolmaking animal», as Benjamin Franklin held it. Since the invention of the axe he coevolves with his tools. In the course of this evolution the tools manifest the propensity to become more and more autonomous. The triumph of modern technology seems to open the prospect of a «coevolution» of man and machine – even more: of «post-biological» generations of machines evolving independently of mankind. Such a scene gives rise to ambivalent emotions in view of the newest technologies, the ambivalence of blessing and curse, temptation and fear. On the one hand, there is the temptation to improve human capabilities, to enlarge and «delegate» them to artifacts and automata. On the other hand, there is the concomitant anxiety about a future in which the machine will have emancipated from its creator, turning itself into a potential enemy of man. The more human capability and power are delegated to machines the more we are urged to questions like these: Where is the place of man in the coevolution of man-and-machine? Will the inventor adapt or even submit to the progeny of his new inventions?*

**Key words: Anthropologie – Automation – technische Evolution**

## 1 DIE AUFWEICHUNG DES GEGENSATZES VON NATÜRLICHEM UND KÜNSTLICHEM

Wenn Biologen über Koevolution sprechen, dann bewegen sie sich innerhalb der traditionellen Grenzen des Lebendigen. Wenn man über «Koevolution» von Mensch und Maschine spricht, dann schickt man sich an, diese Grenzen zu übersteigen und es ist vorteilhaft, gleich vorweg zwei Bedeutungen des Begriffs «Evolution» auseinanderzuhalten, eine biologische und eine kulturelle. In dieser Doppeldeutigkeit

schwelt auch schon das Problem dieses Aufsatzes. Es besteht darin, dass der Mensch gewissermassen in die Zange zweier anthropologischer Grunddefinitionen genommen wird: Der Mensch ist ein Tier. Und: Der Mensch ist ein Automat.

Seit Darwin kennen wir die Evolution in der biologischen Bedeutung der Entwicklung von organischem Leben aus der präbiotischen Grundsuppe, von den Makromolekülen über Zellverbände bis zu den hochkomplexen Organismen, kraft eines selbsttätigen Naturprozesses namens Variation und Selektion. In dieser ersten Bedeutung erscheint die Evolution

des Menschen, seiner naturwüchsigen Physis, als nahezu abgeschlossen. Offen dagegen ist die kulturelle Entwicklung des Menschen, und darin spielen seit Anbeginn Werkzeuge, Maschinen, Artefakte eine zentrale Rolle. Heute ist diese Entwicklung in ein Stadium getreten, welches die evolutionäre Redeweise vom Lebewesen auf das Gerät überträgt: Softwareingenieure sprechen ganz selbstverständlich von Computer-*Generationen*. Umgekehrt übernehmen die Biologen den Ingenieurblick auf das Genmaterial. Der amerikanische Philosoph Daniel Dennett prägte kürzlich die Zeitgeistformel: *Biology is Engineering*. Warum dann nicht auch: *Anthropology is Engineering*?

Wir konstatieren heute eine fortschreitende Grenzaufweichung zwischen dem Natürlichen und dem Künstlichen. Die Unterscheidung zwischen Natürlichem und Künstlichem kennt eine lange Geschichte. In der Antike trennte man klar zwischen Natur und Kunst (Handwerk und Technik). Werkzeuge, mechanische Vorrichtungen, Artefakte galten geradezu als Trick und List *gegen* die Natur. Das lässt sich auf der Grundlage eines spezifischen Naturbegriffs verstehen. Natur, sagt Aristoteles, ist alles, was das Prinzip der Bewegung in sich trägt. Dabei versteht er «Bewegung» in einem weiteren Sinn, als wir das heute tun: Bewegung ist generell Entstehen und Vergehen.

Obwohl Aristoteles durchaus Naturwerke und Menschenwerke miteinander vergleicht, trifft er doch eine auf Anhieb einleuchtende Unterscheidung. Er greift dabei auf eine alltägliche Beobachtung zurück. Noch heute, wenn wir um uns schauen, sehen wir Gewachsenes und Gemachtes, Produkte der *physis* und der *techne*. Ein Baum ist etwas Gewachsenes, ein Stuhl etwas Gemachtes, obwohl beide vielleicht aus demselben Holz bestehen (das griechische Wort für Holz, *hyle*, wurde auch allgemein für den Stoff verwendet). Der Baum ist eine Gestalt, die ihren Plan (*telos*) in sich trägt, er ist eine «Entelechie». Der Stuhl ist eine Gestalt, deren Plan im Zimmermann liegt. Der Stuhl ist zu etwas da, was der Mensch definiert. Der Baum ist zu etwas da, das in seiner Anlage «definiert» ist (Endursache). Deshalb wächst der Baumsämling zu seiner vollen Gestalt heran. Ein Holzsplitter aus dem Stuhl ist kein «Stuhlsämling», er wächst nicht zu einem weiteren Stuhl heran.

Das Argument besticht bis heute durch seine *Commonsense*-Kraft. Aber in der Neuzeit ist ihm eine Konkurrenz erwachsen, gegen die es sich nur schwer behaupten kann. Die Konkurrenz tritt zunächst auf als philosophischer Ansatz, der den alten Unterschied radikal in Frage stellt. Die Ingenieure der Renaissance beginnen aus ihrem erstarkenden technischen Selbstbewusstsein heraus zu fragen, ob denn die Natur

nicht auch so verfähre wie sie in ihren Ateliers und Werkstätten. Chirurgen wie Vesalius vergleichen die natürliche Anatomie von Mensch und Tier, die Muskeln, Sehnen, Knochen, mit der künstlichen «Anatomie» von Stützen, Balken, Scharnieren. Für die letzteren gelten die Gesetze der Mechanik. Physiker wie Galilei entdecken, dass die Gesetze der Mechanik ebenso für die Geräte im Arsenal von Venedig gelten wie für die Dinge draussen in der Natur oder droben am Himmel. Schliesslich verdichtet ein Philosoph wie René Descartes alle diese z. T. ins Mittelalter zurückreichenden Strömungen in einem einzigen überaus kühnen Bild: Die Natur ist eine (göttliche) Maschinenbauerin. «Es gibt keinen Unterschied zwischen den Maschinen, die unsere Handwerker bauen, und den verschiedenen Körpern, die die Natur zusammensetzt», schreibt Descartes, «(für) eine Uhr, die aus der nötigen Zahl von Rädern besteht, ist es ebenso natürlich, die Zeit anzuzeigen, wie für einen Baum, der aus irgendeinem Samen hervorgegangen ist, eine bestimmte Frucht hervorzubringen».

Damit wird der Gegensatz von Natürlichem und Künstlichem, Gewachsenem und Gemachtem, letztlich hinfällig. Descartes Bild unterwirft sowohl das vom Menschen als auch das von der Natur Gemachte einem einzigen umfassenden Ingenieurblick. Obwohl von der Technologie inspiriert, entfaltet diese Vorstellung ihre Wirkung vorerst philosophisch, nicht technologisch. Descartes tritt nicht mit dem Anspruch auf, Tiermaschinen oder Menschenmaschinen nachbauen zu können, er spricht ausdrücklich von *göttlichen* Automaten, von Maschinen also, die nur Gott, der Obergeringieur, bauen kann. Was freilich den Menschen nicht daran hindert, sich zumindest die Blickweise des Obergeringieurs anzueignen. Das 18. Jahrhundert ist ein richtiges Experimentierfeld für die Idee des Automaten. Und es kann, so gesehen, eigentlich kaum verwundern, dass diese Zeit Gedanken gebiert, die erst in den folgenden Jahrhunderten ihre ungeheure Potenz entfalten. Wenn alle Lebewesen im Grunde Automaten sind, dann ist auch der Unterschied zwischen Mensch und Tier kein prinzipieller, sondern ein gradueller, folgert z. B. Julien Offray de la Mettrie, der Arzt und philosophische Freigeist, und er provoziert seine Zeitgenossen mit dieser schon fast evolutionären These in seinem berühmten Buch *L'Homme Machine* (1747). Erklärte Descartes den Unterschied zwischen der Menschmaschine und der Tiermaschine noch dadurch, dass erstere eine denkende und empfindende (von Gott implantierte) Seele habe, so schreibt la Mettrie eine *Histoire naturelle de l'âme*, worin er die Auffassung vertritt, dass selbst diese Seele und das Denken ein Produkt des Körperautomaten seien. Gottfried Wilhelm Leibniz schliesslich denkt das car-

tesianische Modell der Menschmaschine konsequent zu Ende. Nicht nur der Körper ist eine bis in die letzten Bestandteile durch und durch organisierte Maschine, sondern auch die Seele ist ein immaterieller Automat. So wie ein Programm den Ablauf einer Maschine Schritt für Schritt steuert, so funktioniert auch menschliches Denken. Der Geist ist eine (göttliche) Rechenmaschine.

Ein grandios-ungeheures Denkpanorama eröffnet sich im 18. Jahrhundert. Immanuel Kant, der das Maschinenmodell durchaus akzeptiert, mahnt vom Aussichtspunkt seiner aufklärerischen Kritik den Menschen, die Ansprüche auf die Machbarkeit des Lebendigen nicht zu überspannen. Die Natur und ihre Kreaturen mögen nach dem Gesichtspunkt ihrer Lebensmechanismen erklärbar sein, so wie das Uhrwerk des Himmels nach den Newtonschen Gesetzen abschnurrt. Aber jedes Lebewesen verkörpert auch einen Naturzweck, und dieser Zweck lässt sich nicht mechanisch erklären, geschweige denn machen, wir können ihn lediglich anerkennen (und wir sollten dies auch tun, sagt Kant, um unserer *moralischen* Verbesserung willen). Es gibt eine Mechanik des Himmels, aber auf eine Mechanik des Lebens, auf einen «Newton des Grashalms», werden wir vergebens hoffen, schreibt Kant in seiner *Kritik der Urteilskraft*.

Genau das lässt Darwin nicht gelten. Seine Idee der natürlichen Evolution durch Variation und Selektion zeigt gerade in dieser Perspektive ihr fundamental-revolutionäres Gesicht. Sie verzichtet auf den göttlichen Oberingenieur und dessen Masterplan. Sie streicht aber auch die Zweckmässigkeit aus dem Naturgeschehen. Kants kritische Vorbehalte gegen die Erklärung von Naturzwecken umgeht man am besten, indem man die Evolution selbst als etwas betrachtet, das «von Natur aus» keinen Zweck in sich birgt, keine Richtung, schon gar nicht das Endziel Mensch. Darwin lässt sich bekanntlich von der menschlichen Zuchtwahl der Tiere inspirieren. In der Praxis der menschlichen Züchter geht es durchaus mit Absichten und Zwecken zu. Nicht so bei der Züchterin Natur. Das Entscheidende und für viele bis heute Anstössige an Darwins Idee ist, dass es in der «natürlichen Zuchtwahl» nichts oder niemanden gibt, das oder der «züchtet» und «auswählt», keine gestalterische Lebenskraft, keinen zweckgerichteten Bildungstrieb, keinen ingenieuralen Gott. An seine Stelle tritt ein blinder, automatischer, «mechanischer» Anpassungsprozess an sich verändernde Umweltbedingungen, der die optimale Überlebenslösung für Pflanzen und Tiere (beziehungsweise für deren Genpool) findet, und dadurch den Stammbaum des Lebens hinauf bis zu den schwindelnden Höhen jener Äste treibt, auf denen wir Menschen sitzen – eine seit präkambrischen Zeiten unablässig

arbeitende «Manufaktur der Arten», wie Darwin die Evolution auch genannt hat.

Diese Idee markiert im Grunde den entscheidenden Schritt in der Aufweichung des Gegensatzes von Natürlichem und Mechanischem, von Mensch und Maschine. Und sie findet das ihr gedeihliche Klima eigentlich erst heute, wo Biologie und Technologie neuartige Allianzen eingehen. Führt die neue hybride *condition humaine* dazu, dass der Mensch immer maschinenähnlicher, die Maschine immer menschenähnlicher wird? Nicht wenige von uns stellen sich diese Frage mit bangem Unterton. Und andere, auch nicht wenige, fragen zurück: Was soll denn daran Schlimmes sein? Die einen sehen die altehrwürdigen Bastionen unseres Menschseins, Geist, Seele, Selbst, bedroht. Die anderen sehen darin bloss ängstliches Bewahrenwollen von altem humanem Dorfrecht angesichts der Invasion neuer transhumaner Techno-Spezies.

Meiner Meinung nach zeichnen wir ein schiefes Bild der Situation, wenn wir Maschinen gleichsam als Bedroher bzw. Heilsbringer «von aussen» darstellen. Ich schlage vielmehr vor, die Maschine als einen Teil unserer selbst zu betrachten, nämlich als jene Aspekte unseres Verhaltens, welche routinemässig ablaufen, geistlos, «mechanisch» eben. Im Gerätepark des modernen technisierten Alltags begegnen uns derartige in Dinge und Artefakte hinausverlagerte menschliche Fähigkeiten. Das nicht ganz Geheure, womöglich Bedrohliche an dieser neuen künstlichen «Spezies» scheint also primär in der seltsam verführerischen Idee zu liegen, die sie verkörpert: immer mehr menschliche Fähigkeiten, physische und mentale, als «Routinen» an Dinge und Artefakte zu delegieren. In einem ersten historischen Teil wurde die Faszinationsspur dieser Idee durch das neuzeitliche Europa kurz geschildert. Der zweite Teil verfolgt nun etwas näher, welche Spuren diese technische Hinausverlagerung am Menschen selbst hinterlässt. Wir betrachten die Sequenz von vier Technisierungsschüben:

- vom Werkzeug zur Maschine,
- von der Maschine zum Automaten,
- vom Automaten zum Autopoieten und schliesslich
- vom Autopoieten zum Animaten.

## 2 VOM WERKZEUG ZUM ANIMATEN

### 2.1 Vom Werkzeug zur Maschine

Werkzeug verstärkt, verbessert, optimalisiert menschliche Fähigkeiten. Anthropologen unterstreichen den bekannten genetischen Aspekt, dass es sich beim Werkzeug um eine

Fortsetzung oder Verlängerung menschlicher Organe handelt (cf. Wortstamm *organon*). Ganz offensichtlich sind z. B. Hammer, Hebel oder Zange künstliche Weiterentwicklungen der motorischen Fähigkeiten unserer Arme und Hände. Wenn der Mensch über die Hand noch eng mit dem Werkzeug verbunden ist, dann erfolgt mit der Entwicklung der Maschinen eine sukzessive Loslösung von der Hand, gewissermaßen ein Abhandenkommen des Werkzeugs. Wenn man z. B. einen Pflock in die Erde schlagen will, tut man das in der Regel nicht mit den eigenen Fäusten. Der Hammer übernimmt die Arbeit der Faust. Er verstärkt die Kraft des Armes. Wir machen uns dabei physikalische Gesetze zunutze. Die Nutzbarmachung wird noch deutlicher beim Fallhammer. Dessen Prinzip: einen schweren Metallbolzen («Rambär») aus möglichst hoher Lage auf den Pflock fallen lassen. Dazu benötigt man ein entsprechendes Gerüst. Sind zudem viele Pflöcke einzuschlagen, müssen wir hausälterisch mit unseren Kräften umgehen, und wir übertragen das Hochziehen z. B. einer Hydraulik, welche das Geschäft des Hebens und Fallenlassens mit einer voreingestellten Kadenz bewerkstelligt. Knopfdruk genügt. Maschinen sind im Grunde Werkzeugkombinationen. Die Arbeit unserer Arme und Hände wird immer mehr in ein geschicktes Arrangement von Rädern, Riemen, Kolben, Schienen, Wellen, Hebeln hinausverlagert. Die ursprüngliche Handhabung des Werkzeugs weicht der Bedienung der Maschine. Die Hydraulik, die den Schlagbolzen führt und steuert, tut dies unter Umständen selber in einem ihr eingegebenen Takt. Man muss nur diese «Umstände» genauer kennen und definieren können, um in gewissen Grenzen auch die «Kopfabung», d. h. Steuerfunktionen des Geräts an das Gerät selber zu delegieren.

## 2.2 Von der Maschine zum Automat

Um aber wirklich leistungsfähige Automaten bauen zu können, muss man den Begriff des Automaten technisch präzisieren. Im Denken der Wissenschaftler dominiert heute ein Maschinenkonzept, das sich nicht so sehr an materiellen Ausführungen der Maschine orientiert, als vielmehr an der *Idee* des Maschinenhaften. Es kommt nicht darauf an, ob der Automat auf Zahnrad-Mechanik, auf Siliziumchip-Elektronik oder auf Glasfaser-Optik basiert. Das Wesentliche an ihm ist seine logische Architektur. Wenn eine Maschine *von selbst* tätig zu sein hat, dann müssen wir ihr dieses «von selbst» irgendwie eingeben. Das leistet ein *so genannter Algorithmus*.

Der Begriff des Algorithmus ist das Schlüsselkonzept der modernen Technologie. Er umschreibt all das, was wir bei der Ausführung einer Tätigkeit als geistlos, routinemässig,

stur – eben als automatisch – empfinden. Wer z. B. vergessen hat, welcher Schlüssel am Schlüsselbund ins Schloss der Haustür passt, könnte das folgende narrensichere Vorgehen wählen: Probiere der Reihe nach die Schlüssel durch, bis du auf den richtigen stösst. Intuitiv wurde ein Algorithmus angewandt: 1) Wähle zufällig einen ersten Schlüssel aus und prüfe, ob er ins Schloss passt. 2) Wenn er passt, öffne die Tür, sonst 3) nimm den nächsten Schlüssel und gehe vor wie unter 1). Das triviale Beispiel zeigt alle wichtigen Züge eines Algorithmus'. Er hat einen eindeutigen Beginn. Er legt fest, wie ein Vorgang Schritt für Schritt durchzuspielen ist. Und er führt in endlich vielen (korrekt durchgeführten) Schritten garantiert zu einem Ergebnis. Natürlich mutet uns diese Art der Schlüsselsuche, explizite formuliert, leicht schwachsinnig an. Wir verlassen uns meist stillschweigend auf Intuition und praktische Erfahrung in der Lösung solcher Alltagsprobleme. Aber was in Bezug auf den Menschen als Schwachsinn erscheint, erweist sich in Bezug auf die Maschine als Stärke. Der Algorithmus vermag das, was «wie von selbst», d. h. ohne Nachdenken abläuft, in simple Schrittfolgen aufzubrechen, die narrensicher sind und als codierte Instruktionen an geistloses Gerät weitergegeben werden können.

Sollte sich bis hier der Eindruck verdichtet haben, bei Algorithmen handle es sich um die trivialsten und simpelsten Dinge der Welt, dann muss dieser Eindruck schnell zerstreut werden. Es ist eine Sache, simple Schritte auszuführen. Eine ganz andere Sache ist es, diese Schritte so zu organisieren, dass sie ein gewünschtes Resultat erzeugen. Der Entwurf von effektiven Algorithmen ist alles andere als trivial. Es braucht eine Menge Intelligenz, um intelligenzlos, d. h. wie eine Maschine, zu agieren. Was das präzise heisst, hat einer der genialsten Mathematiker und Logiker des 20. Jahrhunderts, der Engländer Alan Turing, in den 1930er Jahren formuliert. Er entwickelte das Konzept eines idealen Automaten – der so genannten Turingmaschine – welches das skizzierte Verfahren der Schlüsselsuche universalisiert. Diese Maschine, theoretisches Herzstück moderner Computer, ist denkbar einfach aufgebaut: Sie besteht aus einem in Zellen unterteilten Endlosband, dem entlang ein Schreib- und Lesekopf (wie bei einer Schreibmaschine) hin- und herwandert. Soll diese Maschine eine bestimmte Aufgabe automatisch bewältigen, geben wir ihr die dazu nötigen Daten und Instruktionen im Code von binären Ziffern (1 oder 0) ein. Der Schreibkopf «weiss» dann, was er (in einem bestimmten Zustand) bei einer einzelnen Zelle zu tun hat, je nachdem, ob er eine Eins oder eine Null vorfindet («liest»). Die so geänderte Inputfolge, welche am Ende auf dem Band geschrieben steht, können wir als Resultat der Aufgabe interpretieren.

Als verblüffend und bahnbrechend erweist sich an der Turingmaschine, dass sie all das, was wir intuitiv mit «Rechnen», «automatischem» oder «mechanischem Verfahren» umschreiben, durch eine womöglich sehr lange, aber endliche Abfolge solcher Manipulationen von Nullen und Einsen zu simulieren vermag. Vieles, was wir Menschen mit Verstand tun, kann auch eine Maschine ohne Verstand, aber mit einem Algorithmus tun. Mit dem Begriff des Algorithmus weicht sich die Grenze zwischen Mensch und Maschine zunehmend tiefer auf. Wann immer und wo immer wir auf einen Vorgang stossen, von dem wir mit hinreichender Präzision behaupten können, er laufe «von selbst» ab, lässt sich im Prinzip eine Turingmaschine denken, die den Prozess simuliert. Das Revolutionäre an diesem Maschinenkonzept liegt darin, dass Algorithmen *unabhängig vom Medium* sind, in dem sie ablaufen. Dieses Medium kann das Gehirn eines Menschen sein; es können Zahnräder sein; die Elektronenröhren der Computer-Dinosaurier der ersten Generation; die integrierten Schaltkreise der Nachfolgenerationen; parallel arbeitende Computer; Quantencomputer, neuronale Netze oder was da noch kommen mag. Das Maschinelle kann, anders gesagt, potentiell in allem stecken. Diesem Gedanken wohnt eine unheimliche Verführungskraft inne und er tendiert dazu, den Bereich des im herkömmlichen Sinn Mechanischen, Künstlichen zu verlassen: Könnte es sein, dass auch Lebensprozesse in ihrem tiefsten Grund maschinelle, d. h. algorithmische Prozesse sind? Das alte, von Descartes aufgestellte Postulat scheint nun von einer viel potenteren Sorte von Gerät neue Unterstützung zu erhalten: Sind wir Menschen im Grunde eine besondere, biologisch gewachsene Art von Maschinen? Was aber heisst dann: «biologisch gewachsen»?

### 2.3 Vom Automaten zum Autopoieten (Selbsthervorbringer)

Die Frage bringt uns zu einem weiteren Technisierungsschub. Descartes' Auffassung, dass Mensch- und Tierkörper im Grunde natürliche Automaten, Uhrwerke sind, stiess in der damaligen Öffentlichkeit zunächst auf Unverständnis, Ablehnung, Spott (Anklang fand sie bei einer Avantgarde von Naturforschern, den so genannten mechanischen Philosophen). Dabei stand vor allem ein offenkundiger Widerspruch im Zentrum: Wie kann eine Maschine sich selbst reproduzieren? Das überstieg die Vorstellungskraft selbst der überzeugtesten Mechanisten. Die Vorstellung, dass sich Maschinen wie die Tiere vermehren können, kommt den meisten von uns noch heute unplausibel, wenn nicht verrückt vor. Tiere zeugen Tiere, sie sind, wie man sie nennen könnte, *Au-*

*topoieten*: Selbst-Hervorbringer. Maschinen zeugen nicht Kopien von sich selbst. Um auf das Beispiel von Aristoteles zurückzugreifen: Eine Stühle produzierende Maschine produziert Stühle, aber keine Stühle produzierenden Maschinen. Warum eigentlich nicht? Wenn wir herausfinden könnten, wie die Natur Tierautomaten reproduziert, warum sollten wir diesen Vorgang nicht mit Hilfe von Artefakten kopieren können? Zellen erzeugen weitere Zellen, im Mutterkörper baut sich ein neuer Organismus aus Zellen auf, was genau müsste eine Maschine können, um dasselbe zu tun und so ihresgleichen zu zeugen?

Ziemlich genau drei Jahrhunderte nach Descartes wagte sich ein anderes Logik- und Mathematikgenie, John Von Neumann, an diese Frage heran. Wenn Selbstreproduktion ein Mechanismus ist, sagte er sich, dann müsste ein solcher Mechanismus wie jeder andere auch von einer geeigneten Turingmaschine ausgeführt werden können. Von Neumann ging also noch einen Schritt weiter als Turing. Er bewies, kurz gesagt, dass Automaten möglich sind, die sich reproduzieren können. Er zeigte sogar, dass Automaten Automaten «zeugen» können, welche komplexer sind als die «Eltern»-Maschinen. Der Beweisgang ist sehr abstrakt. Zur Veranschaulichung denken wir uns den Von-Neumann-Automaten – den *universellen* Konstruktor – in einem grossen Geräte-magazin. Darin macht er seine Streifzüge, um Rohmaterial zum Bau seinesgleichen zu finden. Er ist ausgerüstet mit einer zentral programmierten Steuereinheit, in die insbesondere sein eigener Bauplan kodiert ist. Er besitzt Wahrnehmungs- und Konstruktionsorgane. Er kann Gerät analysieren, auseinandernehmen und Teile davon zum Bau einer Kopie seiner selbst verwenden. Er braucht vielleicht Module aus einem Computer, Batterien, Motoren, photoelektrische Zellen, eine Antennenanlage oder Aggregate eines Kühlschranks. Er fischt aus dem Lager alles, was er braucht, weidet es aus, um dann Stück für Stück, Schritt für Schritt ein neues Spezimen nach seiner Selbstbeschreibung zusammenzubauen. Schliesslich – dies der entscheidende Knackpunkt, den Von Neumann löste – kodiert der Automat in die neue Steuereinheit seines Abkömmlings die Kopieranleitung seiner selbst. Ein neuer universeller Konstruktor ist geschaffen, ohne jegliche mysteriöse Lebenskraft.

Es dürfte den Lesern auffallen, dass Von Neumanns Modell im Grunde auf höchst abstrakter Ebene das beschreibt, was wir heute über den Selbstreproduktionsmechanismus der DNA wissen. Tatsächlich entstanden Von Neumanns Ideen im Zeitraum einer bemerkenswerten Koinzidenz. Vier Jahre nach seinen Vorlesungen über selbstreproduzierende Automaten entdeckten James Watson und Francis Crick den

biologischen Automatismus der Selbstreproduktion von Organismen (1953). Von Neumann hatte diesen natürlichen Fabrikationsprozess in seinem Automatenmodell vorweggenommen. Und er hatte damit gleichsam bei der Gründung eines äusserst folgen- und erfolgreichen *Joint-ventures* von Technologie und Biologie mitgeholfen.

Von Neumann interessierte die Logik des selbstreproduzierenden Automaten, nicht seine Realisierbarkeit. Seine Maschine ist keine *lebende* Maschine, sondern eine unglaublich komplexe Gedankenkonstruktion, ein künstliches Wesen im Kopf des Mathematikers. Aber gerade, weil er eine Kopfgeburt ist, konnte sich der Von-Neumann-Automat in den Köpfen der nachfolgenden Wissenschaftergenerationen fortpflanzen und eine katalytische Wirkung auf sie ausüben. Er beflügelte eine Sichtweise, die in der «Logik» des Lebens und in der «Logik» der Automaten eine formale, abstrakte Ähnlichkeit zu erblicken glaubt: Im Leben wie im Automaten sind Algorithmen am Werk. Also ist die Idee nur folgerichtig, die Vorgänge in Lebewesen und die Vorgänge in Maschinen unter ein und demselben Gesichtspunkt zu studieren.

#### 2.4 Vom Autopoieten zum Animaten

Damit kommen wir zum vorläufig letzten Technisierungsschub. Wenn man sich Automaten denken kann, die sich selber reproduzieren, dann stellt sich sogleich die Nachfolgefrage: Gibt es auch Automaten, die Geist oder Bewusstsein entwickeln? Könnte das, was wir Menschen bisher unter artemgenem Verschluss gehalten haben, nämlich Geist, nicht letztlich auch durch einen ungeheuer komplexen geistlosen Vorgang, einen Algorithmus, ausgeführt werden? Sollte man dann nicht die Möglichkeit einräumen, dass auch Artefakte Geist haben, eine künstliche Intelligenz, sofern man ihnen nur einen entsprechenden Algorithmus implementieren würde? Wenn wir schon die steuernde «Kopfhabung» an die Maschine delegieren können, warum eigentlich nicht auch die «Gedankenhabung», ja die «Selbsthabung»?

Man muss hier zwei Ansprüche auseinanderhalten. Erstens den Anspruch der Neuro-Ingenieure, künstliche Systeme nach dem Muster unseres Organs des Bewusstseins, des Gehirns, nachzubauen, und darin «Gehirnprozesse» zu simulieren. Das ist in beschränktem Rahmen schon jetzt möglich und wird in absehbarer Zukunft wohl zu einer «Evolution» von «neuronalen» Maschinen führen. Zum andern ist da der Anspruch, solche Maschinen seien «spirituell», in dem Sinne, in dem wir Menschen es sind: Sie denken, nehmen wahr, empfinden, haben vielleicht sogar ein Selbst.

Dieser zweite Anspruch übersteigt die Ebene des Ingenieurs und lässt sich auf ihr nicht rechtfertigen. Das wird oft

nicht gesehen und führt dann im harmlosen Fall zu schiefen Redeweisen, im weniger harmlosen Fall zu Fehlschlüssen und haltlosen Zukunftsperspektiven. Was der zweite Anspruch übersieht, ist m. E. folgendes: Denken, Geist, Bewusstsein sind zweifellos mit materiellen Ereignissen in organischen Medien wie unseren Gehirnen oder vielleicht auch in anorganischen Medien wie Schaltkreisen von Computern verknüpft. In diesen Medien finden physiologische bzw. physikalische Ereignisse statt. Aber das macht sie noch nicht zu etwas Geistigem, Bewusstem. Geistige oder bewusste Ereignisse sind Ereignisse *im Kontext*. Betrachten wir eine elementare Denktätigkeit wie Rechnen. Wenn zum Beispiel ein Kleinkind am Zählrahmen zwei Kugeln und drei Kugeln zu einer Gruppe von fünf Kugeln zusammenfügt, dann hat es noch nicht 2 und 3 addiert. Es hat ganz einfach Kugeln verschoben. Was macht dieses physikalische Ereignis zum geistigen Vorgang des Rechnens? Nun, ganz offensichtlich der *Kontext* verstandener Rechenregeln. In diesem Sinne «addiert» der Taschenrechner nur im Kontext von Leuten, die ihn zu bedienen wissen. Der Rechner, als Gerät, funktioniert, er rechnet nicht. Das Gehirn «rechnet» im Kontext eines Gehirnbesitzers und -benutzers, einer Person. Das Gehirn, als aktiviertes Neuronennetz, verarbeitet elektrische oder chemische Signale, es rechnet nicht.

Die Tätigkeit des Rechnens braucht im weiteren ein *Subjekt*. Wer oder was rechnet hier? Wenn wir von Rechnen reden, dann spezifizieren wir gleichzeitig und meist stillschweigend einen Kontext, in dem es Sinn macht, zu sagen, dass da «etwas» ist, das rechnet. In diesem Sinn rechnet das Kleinkind am Zählrahmen. In diesem Sinn korrigieren wir aber auch schnell unsere Redeweise vom «rechnenden» Gerät: Nicht mein TI-92, sondern *ich* bin das Subjekt, das mit der Unterstützung emsiger Elektronik rechnet. Nicht mein Gehirn, sondern *ich* bin das Subjekt, das dank wild feuender Neuronen Zwei und Drei zusammenzählt.

Das sind relativ unkontroverse Beispiele. Kontroverser wird die Situation bei Automaten oder kompliziert vernetzten Automaten systemen, welche Dinge tun, die wir Menschen mit Bewusstsein auch tun. Solche Systeme agieren in gewissen Grenzen wie Menschen mit Geist und Bewusstsein. Hat dann das System auch Geist und Bewusstsein, hat es «sich selbst», ist es ein Subjekt? Wenn ein Expertensystem Entscheidungen trifft, uns zu einer Option rät, oder wenn ein Programm auf eine rudimentäre Weise mit uns in Gesprächskontakt tritt, was hindert uns eigentlich daran, es wie ein künstliches Subjekt, einen synthetischen Experten oder Gesprächspartner zu betrachten und zu behandeln? Wenn wir gegen eine Person Schach spielen, dann spielen wir gegen

sie, die Person, und nicht gegen einen Haufen aktiver Gehirnzellen. Und wenn wir gegen einen Schachcomputer spielen, sagen wir ja in der Regel auch, dass wir gegen *ihn*, den Computer, spielen, nicht gegen einen Algorithmus oder einen Haufen Schaltelemente.

Man könnte wie oben beim Taschenrechner sagen: Der Computer «spielt» Schach im Kontext eines menschlichen Gegners, ansonsten («an sich») spult er einfach ein heuristisches Such- und Lernprogramm herunter. Natürlich ist der Schachcomputer weit komplexer als mein Taschenrechner, aber das Problem, das hier auftaucht, ist nicht die Komplexität der Maschine, sondern die *Veränderung des Kontexts*, in dem Maschinen heute gebraucht werden. Dem Schachcomputer so etwas wie eine «Subjektivität» zuzubilligen, heisst nicht, dass er auf einmal eine mysteriöse neue Eigenschaft, sozusagen ein maschinelles «Selbst», erworben hätte; es heisst primär, dass *wir Menschen* in einen *neuartigen Verkehr mit der Maschine* getreten sind und auf eine neuartige Symbiose von Mensch und Maschine zudriften.

Wenn wir künstlichen Systemen so etwas wie eine *künstliche Subjektivität* zubilligen, bedeutet das im Grunde, dass wir den Kontext des Humanen ausweiten auf Artefakte. Das ist alter Science-Fiction-Stoff, der heute freilich zum Alltag in den Robotik-Laboratorien wird. In wohldefinierten Laborkontexten – Mikrowelten – erprobt man begrenztes soziales Verhalten von Robotern. Neulich hat die Kreatur *Kismet* der jungen Robotikerin Cynthia Breazeal am Massachusetts Institute of Technology (MIT) für Aufsehen gesorgt. *Kismet* ist ein humanoider Roboter, der explizite zum Zweck entworfen wurde, mit Menschen zu interagieren – eine sozialisierbare Maschine gewissermassen. Er ist ausgestattet mit einem recht ausgetüftelten Innenleben, bestehend aus Modulen für Sensorik, Aufmerksamkeit, Emotion, «Motivation», Verhalten und Motorik, speziell Motorik von Gesichtsausdrücken, Haltung, Kopf- und Augenorientierung, sowie von stimmlichen Äusserungen. *Kismet* reagiert auf Signale seiner Umwelt, indem er (sie? es?) sich «mitmenschlich» verhält. Der Automat evolviert zum *Animaten*. Seine Entwicklung steht erst am Anfang.

Spätestens hier stellt sich natürlich die Frage: Aber lesen wir nicht einfach menschliche Züge in das Verhalten der Maschine hinein; so, wie wir dies auch bei den Tamagochis und anderem synthetischen Hätschelgerät tun? Nun, genau das trifft den Punkt. Was an *Kismet* über seinen Status als Gesellenstück einer Robotikingenieurin hinaus zu denken gibt, ist der Umstand, dass er ausdrücklich dazu entworfen ist, vermenschlicht zu werden. Die Verhaltensmodule von *Kismet* sind nicht nur hochanpassbar, sie sind auf den sozialen Kon-

takt mit Menschen hin entworfen, sie sind lernfähig im Umgang mit Menschen. *Kismet* ist ein Maschinenkind. Neuartig an ihm ist, dass ihm Verhalten nicht einfach einkodiert, sondern anerzogen wird. Computertechnisch bedeutet dies einen Wandel von der zentral gesteuerten zur dezentral selbstorganisierenden, lernenden Maschine. Anthropologisch bedeutet es eine weitere Aufweichung der Grenze zwischen Mensch und Maschine, einen neuartigen sozialen Kontext: Maschinentechnologie wird zur Technologie des Verhältnisses von Mensch und Maschine. Die Roboteringenieure am MIT erhoffen sich nicht zuletzt davon, dass sich das vorerst rudimentär humane Verhalten des Roboters durch «fürsorgliche» und «erzieherische» Einwirkung des Menschen immer mehr dem Menschen angleicht. Menschliches Verhalten und Simulation von menschlichem Verhalten erscheinen in diesem neuen Kontext immer ununterscheidbarer, d. h. letztlich: als Sache der Technologie.

### 3 AUSBLICKE: CONDITION TRANSHUMAINE

Technologie verkörperte immer schon ein Bild des Menschen, sie ist der Inbegriff dessen, was er kann und weiss über die Welt, inklusive sich selbst. Atomtechnologie ist das Bild unseres Wissens über die Materie; Biotechnologie das Bild unseres Wissens über den molekularen Aufbau des Lebens und Neurotechnologie möglicherweise das Bild unseres Wissens über die Funktionsweise des Bewusstseins, des Ichs, der Seele. Der Beginn des dritten Jahrtausends eröffnet den Horizont einer *condition transhumaine*, in der sich der Mensch und sein maschinelles Bild auf gleicher Ebene zu begegnen beginnen, ein Zeitalter des *Robo sapiens*.

Der Aufsatz begann mit zwei kulturmächtigen Grunddefinitionen des Menschen: Tier und Automat. Indem Darwin den Menschen zum Tier unter Tieren erklärte, schuf er ein Bild des Menschen, einen evolutionären Spiegel, worin wir unser eigenes tierhaftes Verhalten (unsere «ursprüngliche Natur») erblicken können. Wenn die moderne Technologie den Menschen immer mehr zum Automat unter Automaten erklärt, schafft sie im Roboter ein Bild des Menschen, einen maschinellen Spiegel, worin ihm sein eigenes roboterhaftes Verhalten (unsere «künftige Natur») entgegenstarrt. Das ist der Sinn dessen, was ich «Hinausverlagern» genannt habe. Auch Bilder sind im Grunde Hinausverlagerungen. Sich ein Bild von sich selbst machen heisst, sich begegnen können. Darin liegt seine metaphorische Kraft. Darin liegt aber zugleich die Gefahr, dass es uns zu sehr gefangen nimmt.

Es sei deshalb zum Schluss eine dritte Grunddefinition des Menschen angefügt, welche diese Hinausverlagerung

selbst reflektiert und in gewissem Sinne auch zurücknimmt. Friedrich Nietzsche nannte den Menschen das noch nicht festgestellte Tier. Wir könnten in seinem Sinne ergänzen: das Tier, das (noch) nicht im Bild ist. Wir wissen vieles über Tiere und Automaten, also über uns, und wir werden in Zukunft zweifellos noch viel mehr wissen. Wir werden wahrscheinlich in der Lage sein, immer menschenähnlichere Maschinen zu bauen, so wie wir den Menschen auch immer mehr mit Maschinen kolonisieren können. Aber um Maschinen wie Menschen zu verstehen, muss man zunächst Menschen wie Maschinen verstehen. Die Roboterbauerin Cynthia Breazeal muss eine Menge darüber wissen, wie ein Mensch auf «Maschinenniveau» funktioniert, um dieses Wissen dem Roboter *Kismet* zu implementieren. *Kismet* ist gleichsam das maschinengewordene Wissen über uns selbst.

Das Unbehagen, das uns beschleicht, kommt in der Frage zum Ausdruck: Erschöpft sich denn Menschsein in dem, was sich in Verhaltens- und Nerventechnologie übersetzen lässt? Sind wir eine Sammlung von neuronal kodierten Verhaltensweisen? Gibt es nicht noch etwas «mehr»? Dieser Frage begegnen die Maschinenbauer gern mit einer Gegenfrage: Dann sag uns doch, was dieses «Mehr» bedeutet? Und sag es uns so, dass wir dich verstehen (nämlich auf Maschinenniveau)! Was ist denn so besonders am Menschen, dass es sich nicht in eine Maschine packen lässt?

Die Antwort darauf ist einfach: Wir wissen es nicht. Wir wissen vieles, und wir wissen vieles nicht. Wir wissen vieles über die Materie, die Biologie, die Neurologie, aber wir wissen nicht, wie Materie, Biologie, Neurologie, Bewusstsein, Gedanken, Geist ein Ich zustande bringen. Wir wissen nicht, wie es dazu kommt, dass aus einer Ansammlung und Organisation von winzigen geistlosen Automaten, Zellen, in Jahrmilliarden dauernden «mechanischen» Lernprozessen schliesslich so etwas herauskam wie jenes Wesen, das sich zum Beispiel hier und jetzt darüber wundert, wie es dazu kam. Ich möchte nicht den Eindruck erwecken, die wissenschaftlichen Anstrengungen in Biologie und Neurologie herunterzuspielen. Aber man kann es drehen und wenden, wie man will: Das Wunder der persönlichen Identität oder Evolution besteht darin, dass wir uns wundern. Dass aus Materie etwas geschaffen wurde, ein Stück Fleisch, das denkt und sich Fragen stellt, welche es womöglich nicht beantworten kann. Mir scheint etwas Beruhigendes darin zu liegen: Wir

wissen die Antwort nicht, aber wir *verkörpern* sie, mit Leib und Seele. Betrachten wir uns getrost als Wunder *und* als Maschinen – als Maschinen, die viel zu klug sind, als dass man über sie völlig im Bild wäre.

Oder mit der schönen, alten Fabel ausgedrückt: Der Hase und der Igel veranstalten einen Wettlauf. Der Igel hat keine Chance gegen den schnelleren Hasen. Zum Glück ist der Wettlauf ein Rundlauf. Also bleibt der Igel am Ziel und lässt den Hasen allein rennen. «Ich bin schon da!», ruft er dem Hasen zu, der am Ziel einläuft. Ich denke, so verhält es sich mit dem Menschen und seinem Wissen über sich. Als Hase mag er noch so viele, immer ausgedehntere Runden wissenschaftlichen Fortschritts laufen, er rennt sich vielleicht die Seele aus dem Leib, um Wissen zu gewinnen darüber, was es heisst, zu leben, zu denken, ein Bewusstsein, ein Ich zu haben. Zum erschöpften Hasen sagt der Igel am Ziel gelassen: «Ich bin schon da» – lebend, denkend, bewusst, beseelt.

Und das sind eben wir Menschen, und wir sollten es bleiben: Hase und Igel zugleich.

#### 4 KLEINE AUSWAHL WEITERFÜHRENDER LITERATUR

- GERHARDT, M. & SCHUSTER, H. 1995. Das digitale Universum. Zelluläre Automaten als Modelle der Natur. – Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden.
- HAUGELAND, J. 1986. Artificial Intelligence. The Very Idea. – MIT Press, Cambridge (Mass.).
- MAINZER, K. 1997. Gehirn, Computer, Komplexität. – Springer, Berlin, Heidelberg.
- MAZLISH, B. 1998. Faustkeil und Elektronenrechner. Die Annäherung von Mensch und Maschine. – Insel, Frankfurt/Main.
- PENROSE, R. 1991. Computerdenken. Die Debatte um künstliche Intelligenz, Bewusstsein und die Gesetze der Physik. – Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg.
- POUNDSTONE, W. 1985. The Recursive Universe. Cosmic Complexity and the Limits of Scientific Knowledge. – William Morrow and Co., New York.
- REGIS, E. 1989. Einstein, Gödel & Co. – Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.
- WEIZENBAUM, J. 1977. Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. – Suhrkamp, Frankfurt/Main.