

Norbert Wiener [\*]

## God & Golem, Inc.

Vorwort

Kapitel 1: *Religion und Wissenschaft*

Kapitel 2: *Lernfähigkeit technischer Systeme*

Kapitel 3: *Phylogenetisches Lernen – Der Mensch als Nachricht*

Kapitel 4: *Selbstreproduktion von Systemen*

Kapitel 5: *Magie der Automatisierung – Gefahren der Maschinenverehrung*

Kapitel 6: *Symbiose Mensch-Maschine?*

Kapitel 7: *Gesellschaft und Kybernetik*

Kapitel 8: »GOTT & GOLEM, INC.«

### Lesetipp im Kontext von "God & Golem, Inc.":

Etwa zu gleichen Zeit – also in den 50er und 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts – entstand "Das Bewusstsein der Maschinen" von Gotthard Günther. Ein Buch, das es seit 2003 wieder in einer erweiterten Neuauflage beim AGIS Verlag (Baden Baden) gibt.

Eine kleine Leseprobe stellen die kleineren Texte von Gotthard Günther dar, die unter dem Titel "Homunkulus versus Robot" als pdf-Datei in der Sommer-Edition 2013 im [www.vordenker.de](http://www.vordenker.de) erschienen sind.

---

\* Originaltitel: "God & Golem, Inc.", MIT Press, 1964 – deutsche Version: Econ Verlag, Düsseldorf, 1965.

## Vorwort

Vor einigen Jahren berichtete ich in »Mensch und Menschmaschine«<sup>[1]</sup> über einige der ethischen und soziologischen Konsequenzen meines vorhergegangenen Buches »Kybernetik«<sup>[2]</sup> (Die Untersuchung der Steuerung und Kommunikation in Maschinen und lebenden Wesen). Zu dieser Zeit war Kybernetik ein relativ neuer Begriff, und weder die wissenschaftlichen noch die sozialen Auswirkungen waren völlig zu übersehen. Jetzt – etwa 15 Jahre später – hat die Kybernetik einen gewissen gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Durchbruch erfahren, und es ist genügend geschehen, um ein neues Buch auf einem verwandten Gebiet zu rechtfertigen.

Das Problem der Arbeitslosigkeit als Preis der Automatisierung ist nicht mehr eine Vermutung, sondern eine sehr wesentliche Schwierigkeit der modernen Gesellschaft. Der Kreis der kybernetischen Ideen, früher nur Zukunftsprogramm und stille Hoffnung, ist zu einer wirksamen Methode in Technik, Biologie, Medizin und Soziologie geworden und hat eine bedeutende innere Entwicklung erfahren.

Ich habe mehr als eine Vorlesungsreihe gehalten, um den Einfluss dieses Ideenkreises auf Begriffe der Gesellschaft, Ethik und Religion zu umreißen, und ich glaube, die Zeit ist gekommen, eine Synthese meiner Ideen in dieser Richtung zu versuchen, um die sozialen Folgen der Kybernetik im einzelnen abzuwägen. Das Buch ist gewissen Aspekten dieser Konsequenzen gewidmet. Im Rahmen ihrer Diskussion kann ich das Problem mehr im einzelnen und vollständiger betrachten, obwohl ich die Ideen und viele der Deutungen beibehalte, die ich in »Mensch und Menschmaschine« ausgesprochen habe.

Bei diesem Unternehmen möchte ich die große Unterstützung anerkennen, die mir durch die Kritik vieler Freunde auf beiden Seiten des Atlantiks zuteil wurde. Besonders danke ich Herrn Piet Hein von Rungsted Kyst in Dänemark, Dr. Lawrence Frank von Belmont, Massachusetts, und Professor Karl Deutsch von der Yale-Universität sowie vielen anderen. Weiterhin möchte ich meiner Sekretärin, Frau Eva-Maria Ritter, für ihre Hilfe bei der Vorbereitung dieses Materials danken.

Ich hatte Gelegenheit, meine Ideen in einer Vorlesungsreihe auszuarbeiten, die ich im Januar 1962 an der Yale-Universität hielt, sowie später in einem Seminar, das im Sommer 1962 als Teil der Colloques Philosophiques Internationaux de Royaumont bei Paris stattfand. Obwohl dieses Buch Material aus meinen Vorlesungen an diesen beiden Stätten enthält, ist es vollkommen umgeschrieben und neu gestaltet worden.

Mit Dank an die vielen, die mir bei diesen Bemühungen geholfen haben,

*Norbert Wiener*

Sandwich, New Hampshire — 30. August 1963

---

<sup>1</sup> Wiener, N., »The Human Use of Human Beings; Cybernetics and Society«, Houghton Mifflin Company, Boston, 1950

<sup>2</sup> Wiener, N., »Kybernetik, Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine«, Econ-Verlag GmbH, Düsseldorf 1963.

## Kapitel 1: *Religion und Wissenschaft*

Es ist hier nicht meine Absicht, Religion und Wissenschaft als Ganzes zu diskutieren, sondern gewisse Punkte dieser Wissenschaften, für die ich mich interessiere – wie die der Kommunikation und Regelungstechnik –, die mir nahe der Grenze zu liegen scheinen, an der die Wissenschaft ins Gebiet der Religion eingreift. Ich möchte jene logischen Widersprüche vermeiden, die ganz sicher die extremen (jedoch üblichen) Ansprüche der Religion begleiten, man habe es mit absoluten Werten zu tun. Wenn wir das Wissen nur vom Standpunkt der Allwissenheit behandeln, Macht allein vom Blickpunkt der Allmächtigkeit und Anbetung nur im Sinne der Einen Gottheit, werden wir uns in metaphysische Spitzfindigkeiten verstrickt finden, bevor wir unsere Untersuchung der Beziehungen zwischen Religion und Wissenschaft wirklich begonnen haben.

Nichtsdestoweniger gibt es viele Fragen, die Wissen, Macht und Anbetung betreffen und im Gegensatz stehen zu neueren Entdeckungen der Wissenschaft. Diese können wir wohl diskutieren, ohne uns auf diese absoluten Begriffe einzulassen, die von soviel Gefühl und Verehrung umgeben sind, dass es ziemlich unmöglich ist, ihnen unvoreingenommen gegenüberzutreten.

Wissen ist eine Tatsache, wie auch Macht und Anbetung Tatsachen sind; und diese Tatsachen unterliegen der menschlichen Forschung, ganz abgesehen von der anerkannten Theologie. Als Tatsache sind diese Angelegenheiten einer Untersuchung zugänglich, und in dieser Untersuchung dürfen wir unsere Beobachtungen anführen über Wissen, Macht und Anbetung in anderen Gebieten, die den Methoden der Naturwissenschaften zugänglicher sind, ohne sofort von dem Forschenden eine völlige Annahme der Einstellung »credo quia incredibile est« zu verlangen.

Man könnte sagen, dass ich, da ich auf diese Weise außerhalb der Religion begonnen habe, diese Diskussion schon daran gehindert habe, eine der Beziehungen zwischen Wissenschaft und Religion zu sein, wie es ja eigentlich durch die allgemeine Tendenz dieses Aufsatzes angedeutet ist. Deshalb ist es besser, mein Thema gleich am Anfang zu definieren, die Seite meines Stoffes, an der ich zu bleiben gedenke, zu bezeichnen und jenen Zwecken zu entsagen, die meiner eigentlichen Aufgabe fern liegen.

Wie ich schon erwähnte, arbeite ich seit Jahren an den Problemen der Kommunikation und Regelungstechnik, sei es in Maschinen oder lebenden Organismen; an den neuen technischen und physiologischen Arbeitsverfahren, die sich mit diesen Begriffen befassen, und an der Untersuchung der Folgen dieser Arbeitsweise für das Gelingen menschlicher Vorhaben. Wissen ist unentwirrbar mit Kommunikation verflochten, Macht mit Kontrolle und die Bewertung menschlicher Ziele mit der Ethik und der ganzen normativen Seite der Religion. Es gehört also zur Revisionsuntersuchung der Beziehungen zwischen Religion und Wissenschaft, dass wir unsere Begriffe von diesen Problemen vom Standpunkt der letzten Entwicklungen der Theorie und praktischen Technik von neuem untersuchen. Dies mag zwar selbst nicht eine Untersuchung der Wissenschaft und ihrer Beziehungen zur Religion im wahren Sinne herbeiführen, aber es führt sicherlich zu einem unumgänglichen Prolog für eine derartige Untersuchung.

Bei einer Untersuchung dieser Art, wenn sie zu etwas führen soll, müssen wir uns von den aufeinander liegenden Schichten des Vorurteils befreien, die wir namentlich gebrauchen, um die Huldigung in Schutz zu nehmen, die wir würdigen und heiligen Dingen zollen; mehr noch indessen, um uns von dem Gefühl der Unwürdigkeit freizumachen, das uns befällt, wenn wir unangenehmen Wahrheiten und gefährlichen Vergleichen ins Antlitz schauen.

Wenn diese Betrachtung etwas bedeuten soll, muss sie eine richtige Untersuchung richtiger Fragen sein. Der Geist, in dem sie unternommen wird, ist der des Operationssaales, nicht der einer Trauerfeier, auf der um einen Toten geweint wird. Empfindlichkeit ist hier fehl am Platz – sie wäre sogar eine Lästerung, wie etwa die Patientenbehandlung des Modearztes aus dem letzten Jahrhundert mit seinem schwarzen Gehrock und den unter dem seidenen Revers verborgenen Injektionsnadeln.

Religion, was sie auch sonst noch umfassen mag, hat oft etwas an sich von dem geschlossenen Wohnzimmer eines Bauernhauses in Neu-England, mit geschlossenen Jalousien, Wachsblumen

unter einer Glasglocke auf dem Kaminsims, vergoldeten Sumpfbinsen, die Großvaters Gemälde auf der Staffelei umgeben, und einem Harmonium aus schwarzem Nussholz, das nur zu Hochzeiten und Beerdigungen gespielt wird. Oder sie ist das moralische Gegenstück eines neapolitanischen Leichenwagens, eine jener schwarzen, mit Glasfenstern versehenen Prunkkaleschen, deren mit schwarzen Federn geschmückte Hengste selbst dem Tod noch das Standesbewusstsein entgegen tragen oder doch jedenfalls ein Streben nach Rang. Religion ist eine ernsthafte Angelegenheit, die wir scharf von jeglicher Betrachtung persönlicher Werte abtrennen müssen, deren Bedeutung geringer ist als die Religion selbst.

Ich habe von den Schichten des Vorurteils gesprochen, die unsere Annäherung an jene Probleme des gemeinsamen Lebensbodens erschweren, auf dem sich Wissenschaft und Religion zusammenfinden: wir müssten es vermeiden, Gott und den Menschen im gleichen Atemzug zu nennen – da es eine Gotteslästerung sei. Wie Descartes, müssten wir die Würde des Menschen dadurch erhalten, dass wir ihn auf eine Art und Weise behandeln, die sich gründlich unterscheidet von der Art, in der wir die niedrigeren Tiere (Gattungen) behandeln. Die Lehre von der Entwicklung und der Entstehung der Arten sei eine Entweihung menschlicher Werte. Wie die ersten Anhänger Darwins erfahren, ist es sehr gefährlich für einen Wissenschaftler, sich mit diesen Ideen in einer Welt zu befassen, die der Wissenschaft grundsätzlich misstrauisch gegenübersteht.

Doch selbst im Bereiche der Wissenschaft ist es riskant, gegen die feststehende Rangordnung vorzugehen. Auf keinen Fall dürfen lebende Wesen und Maschinen in einem Atemzug erwähnt werden. Lebewesen sind lebende Wesen in all ihren Teilen, während Maschinen aus Metallen und anderen anorganischen Substanzen bestehen, bar jeglicher Feinstruktur, die ihrer zweckmäßigen oder scheinbar zweckmäßigen Funktion entspricht. Die Physik – so wird jedenfalls allgemein angenommen – befasst sich nicht mit dem Zweck; und die Entstehung des Lebens sei etwas gänzlich Neues.

Wenn wir all diesen Tabus anhängen, mögen wir einen guten Ruf als konservative und tiefgründige Denker erwerben, aber wir werden sehr wenig zum weiteren Fortschritt der Wissenschaft beitragen. Es ist Sache des Wissenschaftlers – wie auch des klugen und aufrichtigen Schriftstellers und des verständigen und aufrichtigen Geistlichen –, ketzerische und verbotene Ansichten experimentell zu hegen, selbst wenn er sie schließlich zurückweisen muss. Auch darf diese Zurückweisung nicht schon am Anfang vorausgesetzt werden und nichts weiter als eine leere Denkübung bedeuten, die gleich von Anfang an als Spiel betrachtet wird, an dem man jedoch teilnimmt, um seine geistige Aufgeschlossenheit zu beweisen. Es handelt sich hier um eine seriöse Auseinandersetzung, die mit allem Ernste unternommen werden sollte: erst wenn es sich um ein wirkliches ketzerisches Wagnis handelt, hat sie Sinn. Auch wenn die Ketzerei das Risiko seelischer Verdammung heraufbeschwört, muss dieses Risiko ehrlich und mutig getragen werden. Um es in den Worten des Calvinisten auszudrücken: Bist du gewillt, um des größeren Ruhmes Gottes willen verdammt zu werden?

In diesem Licht ehrlicher und forschender Kritik müssen wir eine schon erwähnte Haltung betrachten, die bei Diskussionen religiöser Angelegenheiten schwer zu vermeiden ist – das sich durch den falschen Superlativ ergebende Ausweichen. Ich habe bereits die intellektuellen Schwierigkeiten erwähnt, die sich aus den Bezeichnungen Allmächtigkeit, Allwissenheit und dergleichen ergeben. Diese treten in ihrer größten Form in der Frage auf, die oft von dem bei religiösen Zusammenkünften auftauchenden uneingeladenen Spötter gestellt wird: »Kann Gott einen Stein so schwer machen, dass er ihn nicht heben kann?« Wenn er es nicht kann, so besteht eine Grenze seiner Macht oder wenigstens scheint es so; und wenn er es kann, so erscheint es ebenfalls als Begrenzung seiner Macht.

Es wäre leicht, diese Schwierigkeit als einen Wortstreit abzutun, aber es handelt sich um mehr. Das Paradoxon dieser Frage ist eine der vielen Paradoxien, die in dem Begriff der Unendlichkeit und in seinen vielen verschiedenen Formen liegen. Auf der einen Seite führt die geringste Manipulation mit dem mathematischen »unendlich« den Begriff null durch null ein oder unendlich durch unendlich oder unendlich mal null oder unendlich minus unendlich. Diese werden als unbestimmte Formen bezeichnet, und die Schwierigkeit, die sie verbergen, liegt im wesentlichen in der Tatsache,

dass »unendlich« nicht den gewöhnlichen Bedingungen einer Zahl oder Menge entspricht, so dass  $\infty/\infty$  für den Mathematiker nur den Grenzwert von  $x/y$  bedeutet, wo  $x$  und  $y$  beide ins Unendliche anwachsen. Dieser ist 1, wenn  $y = x$ , 0, wenn  $y = x^2$ , oder  $\infty$ , wenn  $y = 1/x$  usw.

Ferner gibt es eine weitere Unendlichkeit, die beim Zählen entsteht. Man kann beweisen, dass auch dieser Begriff zu Widersprüchen führt. Wieviele Zahlen gibt es in der Menge aller Zahlen? Es kann bewiesen werden, dass dies keine (mathematisch) vernünftige Frage ist und dass, ganz gleich, wie eine Zahl definiert wird, die Menge aller Zahlen größer ist als irgendeine beliebige Zahl. Dies ist eine der Frege-Russellschen Paradoxien und enthüllt die Schwierigkeit der Typenlehre.

Tatsache ist, dass die Superlative Allmächtigkeit und Allwissenheit nicht wahre Superlative sind, sondern nur unpräzise Formen, um sehr große Macht und sehr großes Wissen zur Geltung zu bringen. Sie drücken ein Gefühl der Ehrfurcht aus und keine metaphysisch verfechtbare Behauptung. Wenn Gott den menschlichen Intellekt übertrifft und nicht durch geistige Formen erreicht werden kann – und dies ist wenigstens eine verfechtbare Position –, ist es vom geistigen Standpunkt gesehen nicht ehrlich, den Intellekt zu verdummen, indem man Gott in geistige Formen hineinzwängt, die eine sehr bestimmte intellektuelle Bedeutung haben sollten. Folglich, wenn wir begrenzten Situationen gegenüberstehen, die in einige der Behauptungen Licht zu bringen scheinen, die allgemein in religiösen Schriften zu finden sind, so scheint es mir unaufrichtig, diese beiseite zu schieben, weil sie nicht den absoluten, unendlichen und vollkommenen Charakter besitzen, den wir religiösen Äußerungen gewöhnlich zuschreiben.

Diese Darlegung ist der Schlüssel zu meinen Absichten in diesem Buch. Ich möchte gewisse Situationen auswählen, die in religiösen Schriften erörtert worden sind und eine religiöse Seite haben, jedoch sehr analog anderen Situationen sind, die der Wissenschaft, im besonderen der neuen Wissenschaft der Kybernetik, angehören. Ich schlage vor, die begrenzten Analogien kybernetischer Situationen zu benutzen, um auf die religiösen Situationen ein wenig Licht zu werfen.

Hierbei werde ich sicher die religiösen Umstände etwas in meinen kybernetischen Rahmen pressen müssen. Ich bin mir auch bewusst, dass ich dabei etwas gewaltsam vorgehen muss. Meine Entschuldigung ist, dass wir allein durch das Sezierschneidmesser des Anatomen die Wissenschaft der Anatomie besitzen und dass das Messer des Anatomen ebenfalls ein Instrument ist, das nur durch Gewalttätigkeit forschen kann.

## Kapitel 2: *Lernfähigkeit technischer Systeme*

Nach diesen Vorbemerkungen möchte ich mich dem eigentlichen Thema dieses Büchleins widmen.

In der Kybernetik lassen sich zumindest drei Punkte finden, die mir auf religiöse Streitfragen anwendbar zu sein scheinen. Einer dieser Punkte betrifft Maschinen, die lernen können; ein anderer Maschinen, die sich selbst reproduzieren, und ein weiterer Punkt bezieht sich auf die Koordination von Maschine und Mensch. Ich darf wohl sagen, dass man von der Existenz solcher Maschinen weiß.

Herr Dr. A. L. Samuel von der International Business Machines Corporation hat ein Programm zusammengestellt, das einen Elektronenrechner befähigt, »Dame« zu spielen, und dieser Rechner lernt es oder wenigstens scheint er zu lernen, sein Spiel auf Grund seiner eigenen Erfahrung zu verbessern<sup>3</sup>. Einige dieser hier angeführten Äußerungen bedürfen einer Bestätigung oder doch wenigstens einer Erklärung; und ich werde dieser Erläuterung einen Abschnitt dieses Buches widmen.

Lernfähigkeit ist eine Eigenschaft, die wir oft ausschließlich Systemen zuerkennen, die ein Bewusstsein besitzen, und zwar fast immer lebenden Systemen. Sie ist ein Phänomen, das in seiner charakteristischsten Form beim Menschen auftritt und bildet eine jener menschlichen Eigenschaf-

<sup>3</sup> Samuel, A. L., »Some Studies in Machine Learning, Using the Game of Checkers«, *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 3, 210-229 (July, 1959).

ten, die am leichtesten mit den Wesenszügen des Menschen in Verbindung gebracht werden, die sich mühelos mit seinem religiösen Leben in Beziehung setzen lassen. In der Tat ist es schwer zu begreifen, wie nicht lernende Wesen für Religion interessiert werden könnten.

Es gibt jedoch eine weitere Seite des Lebens, die aus ihrer Natur heraus mit der Religion verbunden ist. Gott soll den Menschen nach seinem Bilde geschaffen haben; und die Fortpflanzung der Art mag auch als eine Funktion interpretiert werden, nach der ein Lebewesen ein anderes nach seinem Bilde schafft. In unserem Wunsch, Gott im Hinblick auf den Menschen und den Menschen im Hinblick auf die Materie zu verherrlichen, ist es also natürlich anzunehmen, dass Maschinen keine anderen Maschinen nach ihrem Bilde schaffen können. Hier ist ein Tatbestand, der eine scharfe Trennung in lebende und nicht lebende Systeme ergibt und der außerdem mit der anderen Trennung zwischen Schöpfer und Geschöpf in Verbindung steht.

Ist es jedoch an dem? Wir werden einen Abschnitt dieses Buches gewissen Überlegungen widmen, die, meiner Meinung nach, beweisen, dass Maschinen sehr wohl imstande sind, andere Maschinen nach ihrem Bilde zu erzeugen. Das Thema, das ich hier anschneide, ist zugleich sehr technisch und sehr exakt. Es soll nicht ernstlich als ein wirkliches Modell des biologischen Fortpflanzungsprozesses angesehen werden und schon gar nicht als ein vollkommenes Modell göttlicher Schöpfung; dennoch ist es hinsichtlich des Lichtes, das es auf beide Konzepte wirft, nicht unbedeutend.

Die beiden Teile der vorliegenden Sammlung von Vorlesungen können als wechselseitige Ergänzung zueinander betrachtet werden. Das Lernen des Individuums ist ein Vorgang, der während seiner Lebensdauer abläuft – die Ontogenese. Die biologische Fortpflanzung ist eine im Leben der Art auftretende Erscheinung – die Phylogenese, doch lernt die Art ebenso wie das Individuum. Die darwinistische natürliche Auslese ist ein Lernvorgang der Art, der innerhalb der Umstände wirkt, die durch die Fortpflanzung des Individuums gegeben sind.

Die dritte Themengruppe dieses Buches befasst sich ebenfalls mit Problemen des Lernens. Sie beschäftigt sich mit den Beziehungen der Maschine zum Lebewesen und mit Systemen, die Elemente beider Arten enthalten. Als solche umfasst sie Betrachtungen normativer und ganz besonders ethischer Natur. Es betrifft einige der wichtigsten moralischen Fallen, in welche die heutige Generation von menschlichen Wesen wohl geraten wird. Es ist auch eng verknüpft mit einer großen Menge menschlicher Tradition und menschlicher Legende, in welcher die Magie und Ähnliches eine Rolle spielen.

Um mit lernenden Maschinen zu beginnen: Man kann ein System als organisiert bezeichnen, wenn es, einem Umwandlungsprinzip gemäß, ein gewisses Empfangssignal in ein Sendesignal umwandelt. Wenn diesem Umwandlungsprinzip nun eine bestimmte Norm zugeordnet wird, die man für den Lernerfolg aufgestellt hat, und wenn die Umwandlungsmethode so gesteuert wird, dass die Leistung des Systems dieser Norm gemäß verbessert werden kann, so bezeichnet man dieses System als ein Lernsystem. Ein sehr einfaches System mit leicht zu interpretierender Leistungsnorm ist ein Spiel, das nach festgesetzten Regeln gespielt wird, dessen Leistungsnorm im Gewinnen des Spiels – entsprechend diesen Regeln – besteht.

Unter solchen Spielen gibt es Spiele mit perfekter Theorie, die nicht weiter interessant sind. Nim, von Bouton definiert, und »tic-tac-toe« sind Beispiele dieser Art. Bei diesen Spielen kann man nicht nur theoretisch eine beste Methode für den Spielverlauf finden, sondern diese Methode ist bekannt in all ihren Einzelheiten. Der an einem solchen Spiel Beteiligte (entweder der erste oder zweite) kann immer gewinnen oder zumindest unentschieden spielen, wenn er der angegebenen Methode folgt. Theoretisch kann jedes Spiel auf diesen Punkt gebracht werden – dies ist der Gedanke des verstorbenen Johann von Neumann –, doch wenn ein Spiel erst einmal zu diesem Punkt gekommen ist, verliert es an Interesse und braucht nicht länger als Unterhaltung betrachtet zu werden.

Ein allwissendes Wesen wie Gott würde Dame und Schach als Beispiele dieser von Neumannschen Spiele ansehen, aber bis jetzt ist eine vollkommene Theorie für diese Spiele noch von niemandem ausgearbeitet worden, und sie sind nach wie vor echte Wettkämpfe des Scharfblicks und der Intelligenz. Indessen werden sie nicht entsprechend der von Neumannschen Theorie gespielt. Das heißt,

man spielt sie nicht so, dass man den bestmöglichen Zug macht in der Erwartung, dass der Gegner den bestmöglichen Zug machen wird, der wiederum erwartet, dass wir den bestmöglichen Zug machen werden usw. bis einer der Spieler gewinnt oder sich das Spiel wiederholt. Ein Spiel nach der von Neumannschen Theorie spielen zu können, würde in der Tat bedeuten, dass man eine perfekte Spieltheorie besitzt und das Spiel zu einer Nebensächlichkeit herabgewürdigt hat.

Der Gegenstand des Lernens und ganz besonders bei Automaten, die Spiele erlernen können, mag einigermaßen von Religion entlegen scheinen. Nichtsdestoweniger gibt es eine religiöse Frage, für die diese Begriffe wichtig sind. Es ist das Problem des Spiels zwischen Schöpfer und Geschöpf. Dies ist das Thema des Buches »Job« und ebenso von »Paradise Lost«.

In jeder dieser religiösen Schriften stellt man sich den Teufel vor, wie er ein Spiel mit Gott spielt um die Seele Jobs oder um die Seelen der Menschheit im allgemeinen. Nun – nach orthodox-jüdischer und christlicher Auffassung – ist der Teufel eines der Geschöpfe Gottes. Jede andere Annahme würde zu einem moralischen Dualismus führen, nach Zoroastrianismus schmecken und nach jenem Bastardsprössling des zoroastrischen und des christlichen Glaubens, den wir Manichaeismus nennen.

Doch wenn der Teufel eines der Geschöpfe Gottes ist, so ist das Spiel, welches den Stoff für das Buch »Job« und »Paradise Lost« liefert, ein Spiel zwischen Gott und einem seiner Geschöpfe. Ein solches Spiel scheint auf den ersten Blick ein bemitleidenswert ungleicher Wettstreit zu sein. Ein Spiel mit einem allmächtigen, allwissenden Gott zu führen, ist die Tat eines Narren, und wie man uns erzählt, ist der Teufel ein Meister der Schläue. Jegliches Auflehnen der rebellischen Engel ist schon von vornherein zum Fehlschlag verdammt. Es lohnt nicht die Manfred-artige Rebellion des Satans, um diesen Punkt zu beweisen. Sonst ist jene Allmacht, die sich durch himmlische Donnerschläge bestätigen muss, überhaupt keine Allmächtigkeit, sondern nur eine sehr starke Kraft, und die Schlacht der Engel hätte enden können mit Satan auf dem himmlischen Thron und Gott hinabgestürzt in ewige Verdammnis.

Folglich – wenn wir uns nicht in den Dogmen der Allmächtigkeit und der Allwissenheit verlieren wollen – ist der Konflikt zwischen Gott und dem Teufel ein echter Konflikt, in dem Gott weniger als absolut allmächtig erscheint. Er ist tatsächlich in einen Kampf mit seinem Geschöpf verstrickt, den er sehr wohl verlieren kann. Und doch wurde sein Geschöpf von ihm aus seinem eigenen freien Willen geschaffen; müsste es nicht all seine Handlungsfreiheit von Gott allein beziehen? Kann Gott ein wichtiges Spiel mit seiner eigenen Kreatur treiben? Kann jeder Schöpfer, selbst einer, dem Grenzen gesetzt sind, ein Spiel von Bedeutung mit seinem eigenen Geschöpf spielen?

Durch den Bau von Maschinen, gegen die er spielt, hat der Erfinder sich die Funktion eines begrenzten Schöpfers angemäßt, ganz gleich, welcher Art die von ihm konstruierte Spielvorrichtung ist. Dies ist ganz besonders bei Spielautomaten der Fall, die durch Erfahrung lernen. Wie ich schon erwähnt habe, gibt es solche Maschinen. Wie arbeiten diese Maschinen, und mit welchem Erfolg?

Anstatt sich nach dem Vorbild der von Neumannschen Spieltheorie zu richten, arbeiten sie auf eine Weise, die dem Vorgehen des menschlichen Durchschnittsspielers sehr viel ähnlicher ist. Auf jeder Stufe unterliegen sie einem Zwang, der die Wahl des nächsten Zuges auf einen den Spielregeln entsprechenden Zug beschränkt. Einer dieser Züge muss einem normativen Kriterium guter Spielführung entsprechend ausgewählt werden.

Hier liefert die Erfahrung des menschlichen Spielers eine Anzahl von Anhaltspunkten, die für die Auswahl des Kriteriums angewandt werden können. Beim Dame- oder Schachspiel ist es allgemein ungünstig, Steine zu verlieren und gewöhnlich vorteilhaft, einen Stein des Gegners zu gewinnen. Der Spieler, der seine Beweglichkeit und sein Recht zu wählen, beibehält, wie auch der Spieler, der sich die Führung über möglichst viele Fehler sichern kann, hat es im allgemeinen leichter als sein Gegner, der in dieser Beziehung nachlässig gewesen ist.

Diese Normen guter Spielführung gelten für das ganze Spiel; aber es gibt andere Kriterien, die einer bestimmten Spielphase angehören. Am Ende des Spiels, wenn die Steine auf dem Brett knapp

werden, wird es schwieriger, den Gegner zu Fall zu bringen. Am Anfang des Spieles – und dies ist ein weit wichtigerer Faktor beim Schachspiel als beim Damespiel – werden die Figuren in einer Weise aufgestellt, die beabsichtigt, sie unbeweglich und machtlos zu machen, und eine Entwicklung ist notwendig, die es den Steinen ermöglicht, sich nicht gegenseitig im Weg zu stehen – sowohl für offensive wie für defensive Zwecke. Wenn man weiterhin die große Mannigfaltigkeit von Steinen im Schach vergleicht mit der Armut des Damespiels in dieser Hinsicht, so gibt es im Schach eine große Zahl von speziellen Kriterien eines guten Spiels, deren Wichtigkeit sich durch jahrhundertelange Erfahrung erwiesen hat.

Diese Überlegungen können (entweder additiv oder auf kompliziertere Weise) kombiniert werden, um ein Bild zu gewinnen von dem Wert des nächsten Zuges, der von der Maschine gemacht werden soll. Dies mag auf eine etwas willkürliche Weise geschehen. Die Maschine vergleicht darauf die Werte der legal möglichen Züge und wählt den Zug mit der größten Gewinnaussicht. Das ergibt eine Möglichkeit, den nächsten Zug zu automatisieren.

Diese Automatisierung des nächsten Zuges ist nicht notwendig oder auch nur gewöhnlich eine optimale Wahl, aber es ist immerhin eine Wahl, und die Maschine kann weiterspielen. Um das Verdienst dieser Mechanisierung eines Spieles zu beurteilen, sollte man sich aller Mechanisierungsvorstellungen entledigen, die mit den gebräuchlichen technischen Erfindungen oder dem physisch menschlichen Abbild des üblichen Spielers verbunden sind. Glücklicherweise ist das leicht, da wir es vom Korrespondenz-Schach so gewohnt sind.

Beim Korrespondenz-Schach sendet ein Spieler die beabsichtigten Züge an einen zweiten, so dass die einzige Verbindung zwischen diesen zwei Spielern ein schriftliches Dokument ist. Selbst bei dieser Schachspielart macht sich ein geschickter Spieler sehr bald ein Bild von der Persönlichkeit seines Gegners d. h. von seiner Schachpersönlichkeit. Er wird erfahren, ob sein Gegner übereilt oder vorsichtig ist; ob er leicht zu betrügen oder scharfsinnig ist, ob er die Schliche des anderen kennen lernt oder immer wieder durch die gleiche Elementarstrategie getäuscht werden kann. All dieses, so möchte ich wiederholen, lässt sich ohne jede weitere Kommunikation allein aus dem Schachspiel ersehen.

Von diesem Gesichtspunkt aus gesehen wird der Spieler, sei es ein Mensch oder eine Maschine, der nach einem einfachen, ein für allemal gewähltem und unabänderlichem Gewinnsystem spielt, den Eindruck einer starren Schachpersönlichkeit hinterlassen. Wenn man seinen schwachen Punkt einmal herausgefunden hat, so hat man ihn für immer herausgefunden. Wenn eine Taktik einmal gegen ihn gewirkt hat, so wird sie immer wirken. Eine sehr geringe Zahl von Spielen genügt, um seine Technik festzustellen.

Soviel von dem mechanischen Spieler, der nicht lernt. Nichts könnte indessen einen mechanischen Spieler daran hindern, auf klügere Weise zu spielen. Dazu benötigt er ein Verzeichnis früherer Spiele und Züge. Am Ende eines jeden Spiels oder einer jeden Reihe von Spielen einer bestimmten Art wird dann sein Mechanismus für einen völlig anderen Gebrauch verändert.

Beim Aufbau der Spielbewertungsziffer werden gewisse Konstanten eingeführt, die auch auf andere Art und Weise gewählt werden könnten. Die relative Wichtigkeit der Befehlskonstanten, der Beweglichkeitskonstanten, und der Figurenzahl-Konstanten hätte 10:3:2 statt 9:4:4 sein können. Das Neuartige an diesem ordnenden Mechanismus besteht darin, bereits beendete Spiele zu untersuchen und angesichts des Ausgangs dieser Spiele eine Bewertungsziffer anzugeben. Diese bezieht sich nicht auf die bereits beendeten Spiele, sondern auf das Gewicht, das für die Auswertung dieser Spiele gewählt wurde.

Auf diese Weise wird die Bewertungsziffer fortlaufend berechnet und zwar so, dass den hauptsächlich in Gewinnspielen auftretenden Strukturen eine höhere Bewertungsziffer erteilt wird, während eine niedrigere Wertzahl für Situationen angewendet wird, die sich vor allem bei Verlustspielen ergeben. Das Spiel wird mit dieser neuen Bewertungsziffer fortgesetzt, die auf viele im Detail verschiedene Arten festgesetzt werden kann. Das Ergebnis wird sein, dass der Spielautomat sich, im Einklang mit der Entwicklung des eigentlichen Spieles, fortlaufend in einen anderen verwandelt.

Hierbei werden Erfahrung und Erfolg der Maschine sowie des menschlichen Gegners eine Rolle spielen.

Wenn gegen eine solche Maschine gespielt wird, die einen Teil des Spielcharakters ihres Gegners annimmt, ist kaum anzunehmen, dass ihr Spielcharakter absolut starr ist. Der Gegner wird bald erfahren, dass Taktiken, die früher einmal erfolgreich gewesen sind, künftig versagen werden. Die Maschine kann eine unheimliche Schläue entwickeln. Man mag ruhig sagen, dass diese unerwartete Intelligenz der Maschine von ihrem Konstrukteur und Programmierer in sie hineingebaut wurde. Einerseits gilt diese Behauptung, doch muss es nicht unbedingt so sein, dass alle neuen Gewohnheiten der Maschine ausdrücklich von ihm vorgesehen wurden. Wäre dies der Fall, so würde es dem Konstrukteur keine Schwierigkeit bereiten, sein eigenes Geschöpf zu schlagen. Die wirkliche Erfahrung, die Samuel mit seiner Maschine machte, lässt sich damit nicht in Einklang bringen.

Tatsächlich war Samuels Maschine nach ungefähr einem Tag des Einarbeitens imstande, ihn für eine ansehnliche Zeit ziemlich beharrlich zu besiegen. Es muss allerdings zugegeben werden, dass Samuel, nach seiner eigenen Aussage, zu Beginn kein Experte im Damespiel war, und dass er nach einer weiteren Unterweisung und Praxis fähig war, seine eigene Schöpfung zu überflügeln. Damit soll jedoch nicht die Tatsache verkleinert werden, dass die Maschine eine Zeitlang fast beständig Sieger war. Sie gewann und sie lernte zu gewinnen; und ihre Lernmethode war im Prinzip die gleiche wie bei einem Menschen, der das Damespielen lernt.

Wahr ist natürlich, dass die dem Damespielautomaten offen stehende Wahl an Spielmethoden beinahe mit Sicherheit begrenzter ist als die des menschlichen Spielers; doch ist es ebenso wahr, dass die dem menschlichen Spieler effektiv offen stehende Auswahl an Verfahren nicht unbegrenzt ist. Er mag von einer größeren Auswahl nur durch die Grenze seiner Intelligenz und Phantasie abgehalten werden; aber diese Grenzen sind in der Tat sehr real und nicht von einer Art, die sich im Wesentlichen von denen der Maschine unterscheidet.

Der Damespielautomat spielt also schon verhältnismäßig gut. Mit etwas gründlicherer Überlegung des Endspiels und ein wenig mehr Geschick beim *coup de grâce* könnte sie sogar beginnen, sich der Meisterklasse zu nähern. Hätte das Interesse an Dame-Meisterschaften nicht durch die schablonenhafte Spielweise des üblichen menschlichen Spiels schon sehr abgenommen, könnte dem Dameautomaten vorgeworfen werden, er habe das Interesse am Damespiel zerstört. Es ist nicht verwunderlich, dass man sich schon fragt, ob Schach denselben Weg gehen wird und wann diese Katastrophe zu erwarten ist.

Schachautomaten oder Automaten, die wenigstens einen ansehnlichen Teil eines Schachspiels bewältigen, existieren bereits, doch sind sie noch vergleichsweise arme Dinger. Selbst im besten Fall geht ihre Leistung nicht über den Stand eines zulänglichen Amateurspiels hinaus und erhebt keinerlei Anspruch auf Schachmeisterschaft. Sie erreichen selbst diesen Stand selten. Dies beruht hauptsächlich auf der weit größeren Vielseitigkeit des Schachspiels gegenüber dem Damespiel, sowohl hinsichtlich der Figuren und Züge, wie auch in Bezug auf die größere Unterscheidung zwischen den für die verschiedenen Stadien des Spiels geeigneten Verfahren. Die relativ kleine Zahl der Überlegungen, die für die Mechanisierung des Damespiels notwendig sind, und die geringe Unterscheidung, die zwischen den einzelnen Spielstadien erforderlich ist, sind für Schach völlig unzureichend.

Nichtsdestoweniger muss ich feststellen, dass die einigermaßen geübten Schachspieler unter meinen Freunden allgemein die Ansicht vertreten, dass die Tage des Schachs als interessante menschliche Beschäftigung gezählt sind. Sie erwarten, dass innerhalb der nächsten zehn bis fünfundzwanzig Jahre Schachmaschinen den Meisterrang erreicht haben werden. Sollten die Methoden der russischen Schule dem Schachspiel so lange das Weiterbestehen ermöglicht haben, würde es dann aufhören, menschliche Spieler zu interessieren.

Wie dem auch sei, es wird noch viele andere Spiele geben, die dem Spielingenieur weiterhin Aufgaben stellen werden. Zu diesen zählt GO, jenes fernöstliche Spiel, das 7 oder mehr verschiedene Stufen anerkannter Meisterschaft besitzt. Außerdem sind Krieg und Geschäftspolitik spielähnliche

Konflikte, und sie können so formalisiert werden, dass sie sich zu Spielen mit bestimmten Regeln entwickeln. In der Tat habe ich keinen Grund zu der Annahme, dass sie nicht schon in formalisierter Fassung Modell stehen für die Ausarbeitung der Verfahren, mittels derer auf den großen Atomknopf gedrückt und die Erde rein gebrannt wird für eine neue und menschlich weniger unzureichende Ordnung der Dinge.

Ganz allgemein kann ein Spielautomat eingesetzt werden, um den automatischen Ablauf irgendeines Prozesses zu gewährleisten, *vorausgesetzt, dass der Ablauf dieses Prozesses einem klar umrissenen, objektiven Erfolgskriterium unterliegt*. Bei Dame und Schach besteht dieser Erfolg im Gewinnen des Spiels entsprechend den anerkannten zulässigen Spielregeln. Diese Kriterien, die total verschieden sind von den anerkannten Maximen eines guten Spiels, sind einfach und unerbittlich. Selbst ein intelligentes Kind kann nicht länger darüber im Zweifel sein, als es zum Lesen dieser Kriterien und zum Ansehen des Brettes braucht. Man mag starke Zweifel darüber haben, wie ein Spiel zu gewinnen ist, doch ist man keinesfalls im Zweifel, ob es gewonnen oder verloren wurde.

Das Hauptmerkmal der Frage, ob eine Richtung menschlichen Bestrebens sich in einem Spiel verkörpern kann, ist das Vorhandensein eines objektiv erkennbaren Kriteriums dafür, dass dieses Bestreben sinnvoll ist. Andernfalls nimmt das Spiel die Sinnlosigkeit des Croquetspiels in Alice im Wunderland an, in dem die Bälle Igel waren, die sich immerfort aufrollten, die Schläger Flamingos, die Tore Pappsoldaten, die ständig auf dem Feld herummarschierten, und der Schiedsrichter die Herzkönigin war, die die Spielregeln fortlaufend änderte und die Spieler zum Henker schickte, um sie köpfen zu lassen. Unter diesen Umständen bedeutet das Gewinnen nichts, und ein erfolgreiches Verfahren kann nicht erlernt werden, da es ja kein Erfolgskriterium gibt.

Wenn indessen ein objektives Kriterium des Erfolges gegeben wird, kann das Lernspiel sicherlich gespielt werden und steht damit unserer Methode, nach welcher wir zu spielen lernen, viel näher als die Vorstellung eines Spiels nach der von Neumannschen Theorie. Zweifellos wird die Methode des Lernspiels auf vielen Gebieten menschlichen Bestrebens angewandt werden, die ihr bisher noch nicht unterworfen waren. Wie wir später jedoch sehen werden, ergeben sich aus der Bestimmung einer scharfen Prüfung hinsichtlich guter Leistungen viele Probleme, die Lernspiele betreffen.

### Kapitel 3: *Phylogenetisches Lernen – Der Mensch als Nachricht*

Das Lernen, auf das wir uns bisher bezogen haben, ist das Lernen des Individuums, das während seiner individuellen eigenen Lebenszeit vor sich geht. Es gibt eine weitere Art des Lernens, das ebenso wichtig ist – das phylogenetische Lernen, oder das Lernen in der Stammesgeschichte der Art. Dieser Lernprozess ist es, für den Darwin in seiner Theorie der natürlichen Auslese eine Grundlage schuf.

Die Grundlage der natürlichen Auslese beruht auf drei Tatsachen. Die erste beruht auf dem Phänomen der Vererbung: dass eine individuelle Pflanze oder ein individuelles Tier Nachkommen nach ihrem Bilde hervorbringen. Die zweite Tatsache ist die, dass diese Nachkommen diesem Einzelwesen nicht vollkommen gleichen, sondern sich auf eine ebenfalls der Vererbung unterworfenen Art von ihm unterscheiden können. Dies ist der Tatbestand der Variation, die auf keinen Fall die sehr zweifelhafte Vererbung erworbener Eigenschaften bedeuten will. Das dritte Element darwinistischer Evolution besteht darin, dass das überreiche Muster spontaner Variation beschnitten wird durch die unterschiedliche Lebensfähigkeit verschiedener Variationen, wobei die meisten dazu tendieren, die Wahrscheinlichkeit eines kontinuierlichen Fortbestandes der Art herabzusetzen, obwohl einige, vielleicht nur sehr wenige, dazu neigen, sie zu vergrößern.

Die Basis des Fortbestandes und der Veränderung einer Art – der Evolution, wie wir sie nennen mag noch viel komplizierter sein und ist es wahrscheinlich auch. Zum Beispiel ist eine sehr wichtige Art der Variation die Variation höherer Ordnung die Variation der Variabilität. Der Mechanismus der Vererbung und Variation betrifft im allgemeinen die von Mendel funktionell beschriebenen

Prozesse und strukturell das Phänomen der Mitose: die Vorgänge der Genverdopplung und deren Trennung, ihre Anhäufung zu Chromosomen, ihre Verkettung und so weiter.

Dennoch liegt hinter dieser phantastisch komplizierten Verkettung von Vorgängen eine sehr einfache Tatsache: nämlich, dass beim Vorhandensein eines geeigneten Nährbodens von Nuklein- und Amino-Säuren ein Molekül eines Gens, das selbst aus einer äußerst spezifischen Kombination von Nuklein- und Amino-Säuren besteht, diesen Nährboden dazu veranlassen kann, sich in andere Moleküle hineinzubetten, die entweder Moleküle desselben Gens oder anderer Gene sind, welche sich von ihm durch relativ geringe Variationen unterscheiden. Es wurde in der Tat angenommen, dass dieser Prozess genau dem entspricht, durch den ein Molekül eines Virus – eine Art Molekularparasit eines Wirtes – aus dem Gewebe des als Nährboden dienenden Wirts, weitere Moleküle des gleichen Virus zusammenziehen kann. Dieser Akt der Molekularvermehrung im Gen wie im Virus wird neuerdings in der Analyse des unermesslichen und komplizierten Prozesses der Fortpflanzung anscheinend vertreten.

Der Mensch zeugt Menschen nach seinem Ebenbilde. Dies scheint das Echo oder der Prototyp des Schöpfungsakts zu sein, in dem vermutlich Gott den Menschen nach seinem Ebenbilde geschaffen hat. Kann etwas ähnliches vorkommen in dem weniger komplizierten (und vielleicht leichter verständlichen) Fall nicht lebender Systeme, die wir Maschinen nennen?

Was ist das Ebenbild einer Maschine? Kann dieses Ebenbild, wie es in einer Maschine verkörpert ist, eine Maschine allgemeiner Art, die noch nicht an eine bestimmte spezifische Identität gebunden ist, dazu veranlassen, die ursprüngliche Maschine entweder vollkommen zu reproduzieren oder aber mit gewissen Veränderungen, die als Variation aufzufassen sind? Kann die neue und veränderte Maschine selbst als Urbild dienen, sogar hinsichtlich ihrer Abweichungen von ihrem eigenen urbildlichen Muster?

Es ist der Zweck des vorliegenden Abschnittes, diese Fragen zu beantworten, und mehr noch, sie bejahend zu beantworten. Die Zielsetzung des hier Gesagten oder vielmehr des an anderer Stelle auf eine mehr technische Art und Weise Geäußerten [4] und des hier zu Skizzierenden ist das, was die Mathematiker den *Existenz-Beweis* nennen. Ich werde eine Methode angeben, nach welcher Maschinen sich selbst reproduzieren können. Ich behaupte nicht, dass diese die einzige Methode sei, nach der die Reproduktion geschehen kann, denn es ist nicht die einzige; auch nicht, dass es die Art biologischer Reproduktion sei, denn das ist sie bestimmt ebenfalls nicht. So verschieden die mechanische und biologische Reproduktion jedoch voneinander sein mögen, sind sie immerhin Parallelprozesse, die zu ähnlichen Ergebnissen führen; und eine Darstellung des einen mag sehr wohl wichtige Hinweise für die Untersuchung des anderen ergeben.[5]

Um vernünftig das Problem einer Maschine zu diskutieren, die eine andere nach ihrem Ebenbild konstruiert, müssen wir den Begriff des Ebenbildes ein wenig genauer umreißen. Hier müssen wir beachten, dass es Ebenbilder dieser und jener Art gibt. Pygmalion schuf die Statue der Galatea nach dem Bild seines geliebten Ideals, doch nachdem die Götter sie zum Leben erweckt hatten, wurde sie zum Bildnis seiner Geliebten in einem viel realerem Sinn. Es handelte sich nicht mehr um ein *Standbild* der Galatea, sondern um ein operatives Ebenbild.

Eine Drehbank kann das Abbild eines Gewehrkolben-Musters herstellen, wonach ein Gewehrkolben gefertigt werden kann, jedoch nur, weil ein Gewehrkolben einen einfachen Zweck erfüllt. Andererseits kann eine elektrische Schaltung eine relativ komplizierte Funktion erfüllen, und ihr Bild, das von einer Druckerpresse mittels metallener Druckerschwärze reproduziert wird, kann selbst als die Schaltung funktionieren, die sie darstellt. Diese gedruckten Schaltungen haben in den technischen Verfahren der modernen Elektrotechnik ein beträchtliches Ansehen erlangt.

4 »Cybernetics«, The MIT Press and John Wiley & Sons, Inc., New York, London, 2nd ed., Chapter IX, 1961

5 Das Schema der Reproduktion von Genen durch Halbieren der DNA Doppelspirale benötigt, um vollkommen zu sein, eine passende Dynamik als Ergänzung.

Folglich können wir neben rein äußerlichen auch operative Ebenbilder bekommen. Diese operativen Ebenbilder, die die Funktionen ihrer Urbilder ausüben, können ihnen dem Aussehen nach gleichen, müssen es aber nicht. Gleichgültig, ob das der Fall ist oder nicht, können sie das Original in seiner Funktion ersetzen. Das bedeutet eine viel tiefer gehende Ähnlichkeit. Gerade von diesem Standpunkt der Funktionsähnlichkeit werden wir die mögliche Reproduktion von Maschinen untersuchen.

Doch was ist eine Maschine? Von einem Standpunkt können wir eine Maschine als ursächliche Triebkraft, als Energiequelle betrachten. Dies ist nicht der Standpunkt, den wir in diesem Buche einnehmen werden. Für uns ist eine Maschine eine Einrichtung, die Eingangssignale in Ausgangssignale umwandelt. Von diesem Gesichtspunkt aus besteht eine Nachricht aus einer Folge von Größen, die die Signale in der Nachricht repräsentieren. Solche Größen mögen elektrische Ströme oder Spannungen sein, doch sind sie auf diese nicht beschränkt und mögen sogar von ganz anderer Art sein. Außerdem können die Komponenten der Signale kontinuierlich oder diskontinuierlich in der Zeit verteilt sein. Eine Maschine wandelt eine Anzahl solcher Eingangssignale in eine entsprechende Anzahl von Ausgangssignalen um, wobei jede Ausgangsnachricht in jedem Augenblick von den bisherigen Eingangsnachrichten abhängt. Der Ingenieur würde in seinem Jargon sagen, die Maschine ist ein Wandler mit Vielfacheingang und Vielfachausgang.

Die Mehrzahl der Probleme, die wir hier betrachten, unterscheidet sich nicht sehr (oder nicht sehr viel mehr) von denen, die sich bei Wandlern mit Einfacheingang und Einfachausgang ergeben. Dies könnte bei den Ingenieuren den Eindruck erwecken, wir befassten uns mit einem Problem, das ihnen bereits sehr bekannt ist: dem klassischen Problem der elektrischen Schaltung und ihrer Impedanz oder Admittanz oder ihrem Spannungsverhältnis.

Das trifft jedoch nicht ganz zu. Impedanz und Admittanz wie auch das Spannungsverhältnis sind Begriffe, die nur im Falle der linearen Stromkreise mit einiger Genauigkeit angewandt werden können: das heißt, für Stromkreise, bei welchen die Addition zeitlich aufeinander folgender Eingangssignale mit der Addition der entsprechenden Ausgangssignale übereinstimmt. Das ist der Fall bei reinen Widerständen, reinen Kapazitäten und reinen Induktivitäten und bei Stromkreisen, die ausschließlich aus diesen, nach den Kirchhoffschen Gesetzen zusammengesetzten, Elementen bestehen. Für diese ist es zweckmäßig, den Stromkreis zu testen mit einer sinusförmigen Wechselspannung am Eingang, deren Frequenz verändert und deren Phase und Amplitude bestimmt werden können. Die Nachricht am Ausgang wird dann ebenfalls zu einer Folge von Schwingungen derselben Frequenz, und wenn man ihn mit dem Eingang hinsichtlich Phase und Amplitude vergleicht, kann die Schaltung oder der Wandler vollkommen charakterisiert werden.

Ist eine Schaltung nichtlinear, enthält sie z.B. Gleichrichter oder Spannungsbegrenzer oder ähnliche Einrichtungen, so ist die sinusförmige Eingabe keine angemessene Testeingabe. In diesem Fall wird ein sinusförmiges Eingangssignal im allgemeinen nicht ein sinusförmiges Ausgangssignal hervorbringen. Genau genommen, gibt es überdies keine linearen Schaltungen, sondern nur Schaltungen mit größerer oder geringer Annäherung an die Linearität.

Die Testeingabe, die wir für die Untersuchung nichtlinearer Schaltungen auswählen – und sie kann ebenfalls für lineare Schaltungen benutzt werden – ist statistischer Natur. Im Gegensatz zur trigonometrischen Eingabe, die über den ganzen Frequenzbereich hin variiert – werden muss, besteht sie theoretisch aus einem einzigen statistischen Ensemble von Eingaben, das für alle Wandler benutzt werden kann. Es ist bekannt als Schroteffekt. Schroteffekt-Generatoren sind genau definierte Einrichtungen mit einem physikalischen Bestand wie Instrumente und können nach den Katalogen verschiedener Hersteller elektronischer Geräte im Handel bezogen werden.<sup>[6]</sup>

<sup>6</sup> Lassen Sie mich hier erklären, was man unter einem Schroteffekt-Strom versteht. Ein elektrischer Strom fließt nicht kontinuierlich, sondern besteht aus einem Fluß von elektrisch geladenen Teilchen, die alle die gleiche Ladung haben. Allgemein fließen diese Teilchen nicht in gleichmäßigen Abständen, sondern mit einer zeitlichen Zufallsverteilung, welche dem stetigen Strom Schwankungen überlagert, die für nicht überlappende Zeitintervalle voneinander unabhängig sind. Hierdurch entsteht ein Rauschen mit gleichmäßiger Verteilung über alle Frequenzen. Dies ist oft ein Nachteil und setzt die Kapazität einer Leitung zur

Der Ausgang eines Wandlers, der durch ein gegebenes Eingangssignal angeregt wird, ist eine Nachricht, die zugleich von der Eingabenachricht und vom Wandler selbst abhängt. Unter gewöhnlichen Umständen ist ein Wandler eine Art Nachrichtenumwandler, und unsere Aufmerksamkeit ist auf die Ausgabenachricht als Ergebnis der Transformation der Eingabenachricht gerichtet. Es gibt jedoch Umstände, und diese ergeben sich hauptsächlich, wenn die Eingabenachricht nur ein Minimum an Information enthält und wir den Eindruck gewinnen, dass die Information der Ausgabenachricht hauptsächlich vom Wandler stammt. Von keiner Eingabenachricht darf angenommen werden, dass sie weniger Information enthält als der zufällige Elektronenstrom, der den Schrotoeffekt bildet. Folglich kann der Ausgang eines Wandlers, der durch einen zufälligen Schrotoeffekt angeregt wurde, als eine Nachricht aufgefasst werden, die die Tätigkeit des Wandlers verkörpert.

Tatsächlich verkörpert sie die Tätigkeit des Wandlers für jede mögliche Eingangsnachricht. Dies ist der Tatsache zuzuschreiben, dass über eine begrenzte Zeit eine begrenzte (wenn auch kleine) Möglichkeit besteht, dass der Schrotoeffekt jede mögliche Nachricht auf das genaueste nachahmt. Die statistischen Daten der Nachricht, die von einem beliebigen Wandler unter einer gegebenen, standardisierten statistischen Schrotoeffekt-Eingabe stammen, stellen daher ein operatives Abbild des Wandlers dar, und es ist durchaus denkbar, dass sie in einer anderen physikalischen Realisierung benutzt werden können zur Rekonstitution eines gleichwertigen Wandlers. Das heißt, wenn wir wissen, wie ein Wandler auf eine Schrotoeffekteingabe reagieren wird, wissen wir *ipso facto*, wie er auf jede andere Eingabe reagiert.

Der Wandler – die Maschine als Gerät und als Nachricht – deutet also die Art von Dualität an, die dem Physiker so wertvoll ist und die durch die Dualität von Welle und Teilchen veranschaulicht ist. Sie weist wieder einmal auf jenen biologischen Wechsel der Generationen hin, der ausgedrückt wird in dem Bonmot – ich erinnere mich nicht, ob es von Bernhard Shaw oder von Samuel Butler war –, dass eine Henne allein die Methode eines Eies sei, ein weiteres Ei zu erzeugen. Der Leberegel in der Schafsleber ist nur eine weitere Phase einer Parasitenart, die bestimmte Teichschnecken infiziert. Folglich kann eine Maschine Information erzeugen, und die Information kann eine weitere Maschine erzeugen.

Hier haben wir einen Gedanken, mit dem ich schon früher gespielt habe – dass es begrifflich möglich ist, einen Menschen durch die Telegrafentelefonleitung zu senden. Lassen sie mich sofort zugeben, dass die Schwierigkeiten weit hinausgehen über meinen Scharfsinn, sie zu bewältigen, und dass ich nicht beabsichtige, zu der augenblicklichen peinlichen Lage der Eisenbahn etwas hinzuzufügen, indem ich die amerikanische Telegraphen- und Telefongesellschaft als neue Konkurrenten herbeirufe. Vorderhand, und vielleicht sogar während des gesamten Lebens der Menschheit, ist die Idee unausführbar, doch ist sie deswegen nicht unbegreiflich.

Ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, diesen Gedanken im Falle des Menschen in die Praxis umzusetzen, ist das Konzept durchaus zu verwirklichen, im Fall der vom Menschen geschaffenen, weniger komplizierten Maschinen. Denn genau dies ist es, was ich als Verfahren vorschlage, nach welchem nichtlineare Wandler sich selbst reproduzieren können. Die Nachricht, in welcher die Funktion eines gegebenen Wandlers enthalten ist, schließt auch all die mannigfaltigen Realisierungen eines Wandlers mit dem gleichen operativen Ebenbild ein. Unter diesen befindet sich zumindest eine Verkörperung, die eine bestimmte spezielle Eigenart mit mechanischer Struktur aufweist, und ich möchte vorschlagen, diese gerätetechnische Realisierung zu rekonstruieren aus der Nachricht, die das Operationsbild der Maschine trägt.

Indem ich die spezielle Verkörperung beschreibe, die ich für das Funktionsschema der zu reproduzierenden Maschine auswählen werde, beschreibe ich zugleich die formelle Eigenart des Schemas. Soll diese Beschreibung mehr als nur vage Phantasie sein, so muss sie in mathematischer Form ausgedrückt werden? und Mathematik ist keineswegs eine Sprache, die von dem allgemeinen

---

Nachrichtenübertragung herab. Es treten jedoch Fälle ein, wie z.B. in dem hier vorliegenden, wo diese Unregelmäßigkeiten genau das sind, was wir erzeugen wollen. Kommerzielle Geräte, mit denen sie erzeugt werden können, sind erhältlich und unter dem Namen Schrotoeffekt- oder Rausch-Generator bekannt.

Leser:, für den dieses Buch bestimmt ist, verstanden wird. So muss ich also auf Genauigkeit an dieser Stelle verzichten. Ich habe diese Ideen bereits in mathematischer [7] Sprache ausgedrückt, so dass ich dem Spezialisten gegenüber meine Pflicht erfüllt habe. Wenn ich die Angelegenheit darauf beruhen lasse, so habe ich gegenüber dem Leser, für dessen Augen dieses Buch bestimmt ist, meine Pflicht nicht ganz erfüllt. Es wird scheinen, als hätte ich nur ein paar möglicherweise leere Behauptungen aufstellen wollen. Auf der anderen Seite wäre eine vollständige Wiedergabe meiner Ideen hier völlig zwecklos. Ich werde mich daher in diesem Buch darauf beschränken, die Mathematik, die dem Kern der Sache zugrunde liegt, so gut wie irgend möglich zu umschreiben.

Selbst dann fürchte ich, dass die folgenden Seiten holprig gehen werden. Denjenigen, die Schwierigkeiten um jeden Preis vermeiden möchten, empfehle ich, diesen Teil des Textes zu überschlagen. Ich schreibe ihn allein für jene, deren Neugierde hinreichend stark ist, um sie trotz solcher Warnungen zum Weiterlesen zu veranlassen.

## Kapitel 4: *Selbstreproduktion von Systemen*

Eine gebührende Warnung, lieber Leser, haben Sie erhalten. Alles, was Sie fortan zur Herabwürdigung des folgenden Textes äußern, kann gegen Sie gerichtet werden!

Es ist möglich, eine Maschine, z.B. einen linearen Wandler, mit einer Konstanten zu multiplizieren und zwei Maschinen zu addieren. Beachten Sie, dass wir die Ausgabe einer Maschine als elektrische Spannung ansehen, von der wir voraussetzen wollen, dass sie im offenen Stromkreis abgelesen werden kann, wenn wir uns der modernen Einrichtung bedienen, die als Kathodenfolger bekannt ist. Durch den Gebrauch von Potentiometern und/oder Umformern können wir die Ausgabe eines Wandlers mit einer beliebigen positiven oder negativen Konstanten multiplizieren. Liegen zwei oder mehrere separate Wandler vor, so können wir ihre Ausgangsspannungen für den gleichen Eingang addieren, indem wir sie in Serienschaltung anordnen und so ein Verbundgerät erhalten, dessen Ausgang die Summe der Ausgänge ihrer Komponenten ist, von denen jede mit einem angemessenen positiven oder negativen Koeffizienten behaftet ist.

Wir können also die bekannten Begriffe der Reihen und der Entwicklungen nach Polynomen in das Gebiet der Maschinenanalyse und Synthese einführen. Diese Begriffe sind im Bereich trigonometrischer Entwicklungen und Fourier-Reihen bekannt. Es bleibt nur noch, ein entsprechendes Repertoire geeigneter Wandler für die Bildung einer solchen Reihe anzugeben, und wir werden dann eine Standardform für die Verwirklichung und folglich für die Duplikation eines operativen Ebenbildes angegeben haben.

Es ist bekannt, dass ein solches Standardrepertoire von Elementarmaschinen existiert, mit dem alle Maschinen mit beliebiger Genauigkeit in einem angemessenen Sinn annähernd dargestellt werden können. Dieses mathematisch zu beschreiben, ist eine ziemlich komplizierte Angelegenheit, aber für den Nutzen des einzelnen Mathematikers, der diese Seiten zufällig durchliest, werde ich sagen, dass diese Geräte für jedes Eingangssignal Produkte von Hermiteschen Polynomen in den Laguerreschen Koeffizienten der Vergangenheit des Eingangs ergeben. Dies ist wirklich genauso präzise und kompliziert, wie es sich anhört!

Wo kann man diese Geräte bekommen? Ich fürchte, sie sind momentan kaum als fertige Geräte in einem Warenlager für Elektroniker zu finden; sie können indessen nach exakten Angaben gebaut werden. Die Einzelteile dieser Geräte werden auf der einen Seite aus Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten bestehen, die als Komponenten von linearen Geräten bekannt sind. Zusammen mit diesen benötigen wir, in der Absicht, die Linearität zu erreichen, Multiplikatoren, die zwei Spannungen als Eingangsgrößen verwenden und ein Potential ergeben, das dem Produkt der beiden entspricht. Solche Geräte stehen im Handel zum Verkauf; und wenn sie etwas teurer sind als es im Hinblick auf die benötigte Anzahl wünschenswert ist, so mag es sein, dass die Entwicklung der Erfindungen den Preis herabdrücken wird. *Schließlich* kann, wenn man es überlegt, dem Preis nicht

7

»Cybernetics«, The MIT Press and John Wiley & Sons, Inc., New York, 2nd ed., Chapter IX, 1961

dieselbe Bedeutung zugesprochen werden wie der Möglichkeit. Ein außerordentlich interessantes Gerät dieser Art, das nach piezoelektrischen Prinzipien arbeitet, wurde von Herrn Professor Dennis Gabor [8] in seinem Laboratorium am Imperial College of Science and Technology gebaut. Er benutzt es als Apparatur, die sich in vielen Dingen von der unterscheidet, auf die ich hinwies, die jedoch ebenfalls für den Zweck der Analyse und Synthese von Zufallsmaschinen verwandt wird.

Ich komme jetzt auf die Sondergeräte zurück, die ich erwähnte. Diese haben drei Eigenschaften, die sie für die Synthese und Analyse der allgemeinen Maschine geeignet machen. Um damit zu beginnen, sie bilden einen geschlossenen Satz von Maschinen. Das heißt, wenn man sie mit den passenden Koeffizienten kombiniert, können wir jede beliebige Maschine nachbilden. Ferner können sie so dimensioniert werden, dass sie normiert sind, d.h. sie ergeben für einen beliebigen Impuls statistischer Einheitsstärke Ausgangsgrößen von statistischer Einheitsstärke. Außerdem sind sie orthogonal. Dies bedeutet, dass, wenn wir zwei beliebige Maschinen herausgreifen, ihnen das gleiche standardisierte Rauschen eingeben und ihre Ausgaben multiplizieren, das Produkt dieser Ausgaben, im Durchschnitt über die Rauschstatistik aller Eingaben ermittelt, Null ergeben wird.

Bei der Entwicklung einer Maschine auf diese Art und Weise ist die Analyse so einfach wie die Synthese. Nehmen wir an, dass wir eine Maschine von der Art eines »schwarzen Kastens« haben: das ist eine Maschine, die einen definierten und stabilen Prozess ausführt (ohne dabei in spontane Schwingungen überzugehen), aber mit einer internen Struktur, die uns nicht zugänglich noch bekannt ist. Nehmen wir nun einen »weißen Kasten« hinzu oder eine Maschine mit bekannter Struktur, die als eins der Glieder in der Entwicklung des »schwarzen Kastens« auftritt. Werden nun die Eingänge der beiden Kästen an den gleichen Rauschgenerator und die Ausgänge an einen die Ausgangssignale multiplizierenden Multiplikator angeschlossen, so stellt das Produkt ihrer Ausgänge, gemittelt über die gesamte Verteilung des Rauschens ihres gemeinsamen Eingangs, den Koeffizienten des weißen Kastens in der Entwicklung des schwarzen Kastens in eine Summe aller weißen Kästen mit geeigneten Koeffizienten dar.

Es scheint unmöglich, dies zu erhalten, da es den Anschein hat, dass eine Untersuchung des Systems über den gesamten statistischen Bereich der Rauscheingaben dazu notwendig sei. Diese Schwierigkeit können wir jedoch auf Grund eines wichtigen Zufalls umgehen. Ein gewisser Lehrsatz in der mathematischen Physik erlaubt es uns, in bestimmten Fällen das Mittel über die Verteilung mit dem Mittelwert über die Zeit zu ersetzen – nicht in jedem Fall, aber mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit. Bei dem Sonderfall des Schroteffekts kann es streng bewiesen werden, dass die Bedingungen für die Gültigkeit dieses Lehrsatzes erfüllt sind. Folglich können wir den Mittelwert über das vollständige Ensemble der möglichen Schroteffekte, der notwendig ist, um den Koeffizienten des weißen Kastens bei der Entwicklung des schwarzen Kastens zu erhalten, durch einen Mittelwert über die Zeit ersetzen, und wir werden den richtigen Koeffizienten mit Wahrscheinlichkeit finden. Obwohl dies theoretisch nicht absolut gewiss ist, ist es in der Praxis so gut wie sicher.

Zur Ausführung dieses Verfahrens müssen wir in der Lage sein, den Mittelwert einer Spannung zu finden. Glücklicherweise ist die Apparatur, die zur Erlangung solcher Zeitmittelwerte nötig ist, nicht nur bekannt, sondern auch leicht zu besorgen. Sie besteht allein aus Widerständen, Kapazitäten und Geräten zum Messen der elektrischen Spannungen. Folglich ermöglicht die Beschaffenheit unseres Systems nicht nur eine Analyse, sondern auch eine Synthese von Maschinen. Wenn wir es zur Analyse von Maschinen benutzen und dann dieselbe Apparatur für die Synthese einer Maschine verwenden, die dieser Analyse entspricht, so haben wir das operative Ebenbild der Maschine reproduziert.

Dies scheint auf den ersten Blick den Eindruck zu erwecken, menschliche Intervention sei im Spiel. Es ist indessen einfach – viel einfacher als die Analyse und Synthese selbst –, die Daten der Analyse nicht als Größen auf einer Skala erscheinen zu lassen, sondern als Einstellungen einer Anzahl

---

8 Gabor, D., »Electronic Inventions and their Impact on Civilization«, Inaugural Lecture, March 3, 1959, Imperial College of Science and Technology, University of London, England.

von Potentiometern. Wir haben also, soweit es die Zahl der zur Verfügung stehenden Begriffe und die Exaktheit des technischen Verfahrens zulassen, einen unbekanntem schwarzen Kasten durch seine eigene Funktion sein Funktionsmuster auf einen komplexen weißen Kasten übertragen lassen, der ursprünglich instande war, jedes Funktionsschema nachzuahmen. Dies ist in der Tat dem Grundvorgang der Reproduktion lebenden Stoffes sehr ähnlich. Auch hier wird ein Substrat, das fähig ist, vielerlei Formen, in diesem Falle Molekularstrukturen, anzunehmen, dazu veranlasst, durch die Anwesenheit einer Struktur – eines Moleküls, das diese Form bereits besitzt – eine spezifische Form anzunehmen.

Wenn ich diese Diskussion über selbst reproduzierende Systeme Philosophen und Biochemikern präsentierte, begegnete man mir mit der Behauptung: »Aber die zwei Prozesse sind gänzlich verschieden! Jede Analogie zwischen Lebendigem und Nichtlebendigem muss völlig oberflächlich sein. Sicherlich ist man sich über die Einzelheiten des Vorgangs biologischer Vermehrung im klaren, und er hat nichts mit dem Vorgang gemein, den Sie für die Vermehrung von Maschinen anführen.«

»Auf der einen Seite sind Maschinen aus Eisen und Kupfer gemacht, deren feinere chemische Struktur nichts mit ihrer Funktion als Teile einer Maschine zu tun hat. Lebende Materie indessen zeigt selbst in den winzigsten Teilchen, den Molekülen, Leben. Überdies vollzieht sich die Vermehrung lebenden Stoffes durch einen gut beschriebenen schablonenhaften Prozess, in dem die Nucleinsäuren das Verketteten der Aminosäuren bestimmen. Diese Kette ist doppelt und besteht aus einem Paar komplementärer Spiralen. Wenn diese sich trennen, sammelt jede für sich die zur Rekonstitution der ursprünglichen Doppelspirale benötigten molekularen Bausteine.«

Natürlich ist der Reproduktionsprozess lebender Materie in seinen Einzelheiten ein anderer als der, den ich für Maschinen umrissen habe. Wie die schon bereits erwähnte Arbeit Gabor's andeutet, führen auch andere Methoden zur Selbstreproduktion von Maschinen; und da diese weniger starr als die von mir angegebenen sind, haben sie wahrscheinlich mehr Ähnlichkeit mit dem Phänomen der Vermehrung lebender Wesen. Der lebende Stoff besitzt mit Sicherheit eine Feinstruktur, die seiner Funktion und Vermehrung eher entspricht als die Teile einer nicht lebenden Maschine, obwohl dies wohl kaum in gleichem Maße für jene neueren Maschinen zutrifft, die nach den Prinzipien der Festkörperphysik arbeiten.

Selbst lebende Systeme jedoch leben (aller Wahrscheinlichkeit nach) nicht unterhalb der Molekulargrenze. Außerdem ist es anmaßend, hinsichtlich all der Unterschiede zwischen lebenden und gewöhnlichen mechanischen Systemen, abzustreiten, dass die Systeme einer Art Licht auf Systeme anderer Art werfen können. Ein Fall, auf den hier Bezug genommen werden könnte, ist der der gegenseitigen Umwandlung von räumlichen und funktionellen Strukturen auf der einen Seite und zeitlich verteilten Nachrichten auf der anderen Seite. Die schablonenmäßige Darstellung der Reproduktion erfasst offensichtlich nicht den ganzen Sachverhalt. Es muss eine gewisse Kommunikation zwischen den Molekülen der Gene und den Residuen bestehen, die in der Nährlösung zu finden sind, und diese Kommunikation muss eine Dynamik besitzen. Die Annahme, dass die Dynamik solcher Kommunikation durch Strahlungsfelder vermittelt wird, entspricht ganz dem Geist der modernen Physik. Man kann nicht kategorisch behaupten, dass die Reproduktionsprozesse der Maschine und der Lebewesen nichts gemeinsam haben.

Erklärungen dieser Art scheinen vorsichtigen und konservativen Gemütern oft weniger gewagt zu sein als unüberlegte Behauptungen der Analogie. Wenn es jedoch gefährlich ist, eine Analogie auf unzureichender Evidenz aufzubauen, ist es ebenso gefährlich, sie ohne Beweis ihrer Unzulänglichkeit zurückzuweisen. Intellektuelle Aufrichtigkeit ist der Weigerung, ein geistiges Wagnis einzugehen, nicht gleichzustellen, und die Weigerung, das Neue und seelisch Aufrüttelnde auch nur in Betracht zu ziehen, bedeutet kein besonderes ethisches Verdienst.

Denn die Idee, dass Gottes mutmaßliche Schöpfung des Menschen und der Tiere, das Zeugen von Lebewesen, die sich selbst gleichen, und die etwaige Reproduktion von Maschinen alle ein Teil derselben Ordnung sind, ist seelisch beunruhigend, ja ebenso beunruhigend wie es Darwins Be-

trachtungen über die Evolution und die Abstammung des Menschen waren. Wenn es unseren Stolz einst verletzt hat, mit einem Affen verglichen zu werden, so haben wir es mittlerweile ziemlich überwunden; und es ist eine noch größere Beleidigung, mit einer Maschine verglichen zu werden. Jede neue Idee trägt in ihrem eigenen Zeitalter etwas von der Missbilligung, die in früheren Zeiten der Zauberei anhaftete.

Ich habe die Vererbung der Maschine und Darwins Evolution durch natürliche Auslese bereits erwähnt. Soll die Genetik, mit der wir die Maschine behaftet haben, die Grundlage einer Evolution durch natürliche Auslese sein, so müssen wir ihr durch die Variation und die Vererbung der Variationen Rechnung tragen. Die Art der Maschinengenetik, die wir voraussetzen, hat für beide Platz. Die Variation geschieht durch die Inexaktheit der Verwirklichung des Duplikationsprozesses, den wir erörtert haben, während die kopierte Maschine, die mit unserem weißen Kasten veranschaulicht wurde, selbst als Archetyp für weiteres Duplizieren zur Verfügung steht. Es ist tatsächlich so, dass, während in der ursprünglich einstufigen Duplikation die Kopie dem Original im operativen Ebenbild, jedoch nicht äußerlich, ähnelt, die räumliche Struktur hingegen auf der nächsten Duplikationsstufe erhalten bleibt, wobei die Kopie selbst darin eine Kopie ist.

Es ist einleuchtend, dass der Duplikationsprozess die frühere Kopie als neues Original verwenden kann. Das heißt, Variationen innerhalb der Vererbungsgrenzen bleiben erhalten, obwohl sie einer weiteren Variation unterliegen.

## Kapitel 5: *Magie der Automatisierung – Gefahren der Maschinenverehrung*

Ich habe bereits gesagt, dass die Missbilligung, die in früheren Zeiten der Sünde der Zauberei anhaftete, heute in den Augen vieler Beschauer den Betrachtungen der Kybernetik anhängt. Denn man irre sich nicht: Hätte vor nur 200 Jahren ein Gelehrter vorgegeben, Maschinen zu bauen, die es lernen könnten, ein Spiel zu beherrschen oder die sich vervielfältigen könnten, so hätte er *sicherlich* den »San Benito« auf sich nehmen müssen, das von den Opfern der Inquisition getragene Gewand, und man hätte ihn der weltlichen Gewalt überliefert mit dem ausdrücklichen Befehl, jegliches Blutvergießen zu vermeiden; das heißt, sofern er nicht irgendeinen großen Schutzherrn davon überzeugen konnte, dass er unedle Metalle in Gold verwandeln könne, wie Rabbi Löw von Prag Kaiser Rudolf überredet hatte, als er behauptete, seine Beschwörungen könnten dem Lehm-Golem Lebens-Odem einhauchen. Selbst wenn heute ein Erfinder einem Hersteller von Computern beweisen könnte, dass seine Künste sich für ihn lohnen würden, könnte er seine Schwarzkünste bis zum jüngsten Tage fortsetzen, ohne das geringste persönliche Risiko einzugehen.

Was ist Zauberei, und warum wird sie als Sünde verurteilt? Warum wird der törichte Mummenschanz der Schwarzen Messe mit solchem Argwohn betrachtet?

Die Schwarze Messe muss von dem Gesichtspunkt des orthodoxen Gläubigen verstanden werden. Für andere ist sie eine bedeutungslose, wenn auch obszöne Zeremonie. Diejenigen, die daran teilnehmen, stehen der Orthodoxie viel näher, als die meisten von uns sich vergegenwärtigen. Das Hauptelement der Schwarzen Messe ist das normale christliche Dogma, dass der Geistliche ein wirkliches Wunder vollzieht und dass die Substanz der Hostie wahres Blut und wahrer Leib Christi wird.

Der rechthgläubige Christ und der Zauberer stimmen darin überein, dass nach dem Wunder der Konsekration, das die Hostie umgewandelt hat, die göttlichen Elemente auch fähig sind, weitere Wunder zu bewirken. Sie glauben außerdem beide, dass das Wunder der Transsubstantiation nur von einem rechtmäßig geweihten Priester vollzogen werden kann. Weiterhin stimmen sie darin überein, dass ein solcher Priester niemals die Fähigkeit verlieren kann, das Wunder zu vollziehen, obwohl er, wenn er seines Amtes entkleidet ist, dieses auf die sichere Gefahr hin tut, verdammt zu werden.

Was ist unter diesen Forderungen natürlicher, als dass irgendeine Seele, verdammt aber erfinderrisch, auf die Idee verfiel, die magische Hostie in ihre Gewalt zu bringen und deren Kräfte zu ihrem persönlichen Vorteil zu gebrauchen. Hierin, und nicht in irgendwelchen gottlosen Orgien, besteht die Hauptsünde der Schwarzen Messe. Die Magie der Hostie ist im eigentlichen gut: Ihr Missbrauch zu Zwecken, die nicht zur größeren Ehre Gottes gereichen, ist eine Todsünde.

Dies war die Sünde, die in der Bibel Simon Magus zugeschrieben wird, als er mit Paulus um die wunderbaren Kräfte der Christen feilschte. Ich kann mir die hilflose Verwirrung des armen Mannes gut vorstellen als er entdeckte, dass diese Kräfte nicht zu kaufen waren und Paulus sich weigerte, einen solchen, nach Simons Ansicht ehrenwerten, annehmbaren und natürlichen Handel abzuschließen. Es ist eine Einstellung, der schon viele von uns begegnet sind, wenn wir den Verkauf einer Erfindung abgelehnt haben trotz wirklich schmeichelhafter Bedingungen, die uns von einem modernen Industriekapitän angeboten wurden.

Wie dem auch sei, das Christentum hat die Simonie von jeher als Sünde betrachtet, d.h. den Kauf und Verkauf von kirchlichen Ämtern und den übernatürlichen Kräften, die sie in sich schließen. Dante zählt sie sogar zu den schwersten aller Sünden und verdammt auf den Grund seiner Hölle einige der berüchtigtsten Simoniepraktiker seiner Zeit. Die Simonie war jedoch eine Gewohnheits-sünde der stark von der Kirche bestimmten Welt, in der Dante lebte, und kommt natürlich in der rationalistischen Welt der Gegenwart nicht mehr vor.

Sie ist ausgestorben! Sie ist ausgestorben. Ist sie ausgestorben? Vielleicht sind die Mächte des Maschinenzeitalters nicht wirklich übernatürlich, aber zumindest für den Mann auf der Straße scheinen sie jenseits des gewöhnlichen Laufs der Natur zu stehen. Vielleicht sehen wir es nicht mehr als unsere unabweisbare Pflicht an, diese großen Mächte der größeren Ehre Gottes zu weihen, doch scheint es uns noch immer ungehörig, sie für eitle oder egoistische Zwecke zu gebrauchen. Es gibt eine Sünde, die darin besteht, die Magie der modernen Automatisierung zu größerem persönlichen Nutzen zu gebrauchen oder den apokalyptischen Schrecken des Atomkrieges zu entfesseln. Wenn diese Sünde einen Namen bekommen soll, so gebe man ihr den Namen der Simonie oder Zauberei.

Denn ob wir an Gott und seine größere Ehre glauben oder nicht, so sind uns doch nicht alle Dinge in gleichem Maße erlaubt. Herr Hitler zum Trotz sind wir noch nicht auf dem Gipfel vollkommener moralischer Gleichgültigkeit angelangt, der uns über Gut und Böse hinaushebt. Und solange wir noch eine Spur moralischen Urteilsvermögens besitzen, wird die Anwendung großer Macht um niedriger Zwecke willen das volle moralische Äquivalent zur Zauberei oder Simonie bilden.

Solange Automaten konstruiert werden können, sei es aus Metall oder nur im Prinzip, bleibt die Untersuchung ihrer Bauart und Theorie eine legitime Phase menschlicher Neugierde, und die Intelligenz des Menschen wird gehemmt, wenn er seiner Neugierde feste Grenzen setzt. Doch gibt es Aspekte der Motive zur Automatisierung, die über eine legitime Neugierde hinausgehen und die in sich selbst sündhaft sind. Diese finden ihr Beispiel in dem Sondertyp des Ingenieurs oder Managers der Technik, den ich als *Apparate-Anbeter* bezeichnen möchte.

Ich kenne mich am besten mit den Apparate-Anbetern meiner eigenen Welt aus, mit ihren Schlagworten des freien Unternehmens und der profit-motivierten Wirtschaft. Man findet sie auch in der Illusionswelt, deren Schlagworte die Diktatur des Proletariats, der Marxismus und der Kommunismus sind. Macht und das Streben nach Macht sind unglücklicherweise Realitäten, die in vielen Gewändern erscheinen können. Unter den Priestern, die sich der Macht geweiht haben, gibt es viele, die mit Ungeduld auf die Grenzen blicken, die der Menschheit gesetzt sind, und besonders auf die Beschränkung, die in der Unzuverlässigkeit und Unberechenbarkeit des Menschen liegt. Man erkennt einen »Herrn« dieses Typs schon an den Untergebenen, die er sich auswählt. Sie sind bescheiden, gesichtslos und ihm ganz ergeben; und gerade deswegen sind sie im allgemeinen untauglich, sobald sie aufhören, ausführende Organe seines Willens zu sein. Sie besitzen großen Arbeitseifer, aber wenig unabhängige Initiative – sie sind Kammerherrn des Ideenharems, dem ihr Sultan angetraut ist.

Neben dem Motiv, das der Apparate-Anbeter für seine Maschinen-Bewunderung findet in ihrer Unabhängigkeit von den Grenzen der Schnelligkeit und Genauigkeit, die dem Menschen gesetzt sind, gibt es einen Grund, der in einem konkreten Fall schwieriger zu finden ist, der aber trotzdem eine wesentliche Rolle spielen muss. Es ist der Wunsch, die persönliche Verantwortung für eine gefährliche oder unheilvolle Entscheidung dadurch zu vermeiden, dass man die Verantwortung auf anderes schiebt: auf den Zufall, auf Vorgesetzte und deren Vorschriften, die man nicht anzweifeln darf oder auf ein mechanisches Gerät, das man zwar nicht ganz versteht, das jedoch vermutlich eine Objektivität besitzt. Dies ist die Haltung, die Schiffbrüchige dazu verleitet, darum zu losen, wer von ihnen zuerst gegessen werden soll. Und dies ist es, worauf der verstorbene Herr Eichmann seine geschickte Verteidigung stützte. Dasselbe führt dazu, immer einige Platzpatronen zusammen mit der scharfen Munition auszugeben, mit der ein Exekutionskommando ausgerüstet wird. Und auf diese Art und Weise wird zweifellos der Diensthabende, der im nächsten und letzten Krieg auf den Atomknopf drückt – auf welcher Seite er auch stehen mag – sein Gewissen beschwichtigen. Ist es doch ein alter Trick der Magie, wenn auch reich an tragischen Folgen, einem Schwur gemäß das erste Lebewesen zu opfern, das man nach der glücklichen Rückkehr von einem gefährlichen Unternehmen erblickt.

Wenn ein solcher Meister einmal merkt, dass einige der vermeintlich menschlichen Funktionen seiner Sklaven auf Maschinen übertragen werden können, ist er begeistert. Endlich hat er den idealen Untergebenen gefunden –tüchtig, unterwürfig, zuverlässig in seiner Tätigkeit, ohne Widerworte, schnell und ohne einen einzigen Gedanken persönlicher Rücksichtnahme zu verlangen.

Solche Untergebene werden in Capeks Schauspiel R.U.R. dargestellt. Der Sklave der Lampe erhebt keine Ansprüche. Er fordert weder einen freien Tag in der Woche noch einen Fernsehapparat in seiner Unterkunft. In der Tat fordert er überhaupt keine Behausung, sondern erscheint aus dem Nichts, wenn man an der Lampe reibt. Und segelst du um einer verwickelten Absicht willen hübsch am Winde der Moral, so wird dein Sklave dich niemals tadeln, nicht einmal für die Dauer eines zweifelnden Blickes. Jetzt bist du frei, der Wünschelrute zu folgen, wohin auch das Schicksal dich führen mag!

Dies ist die Denkungsart des Zauberers im vollen Sinne des Wortes. Den Schwarzkünstler dieser Art warnt nicht nur die Doktrin der Kirche, sondern auch die angesammelte gesunde Einsicht der Menschheit, wie sie sich in Legenden, Mythen und in den Schriften der einsichtigen Literaten niedergeschlagen hat. All diese betonen immer wieder, dass die Zauberei nicht nur eine in die Hölle führende Sünde ist, sondern eine persönliche Gefährdung in diesem Leben darstellt - sie ist ein zweiseitiges Schwert, das einen früher oder später tief verletzen wird.

In »Tausend und eine Nacht« ist die Geschichte vom Fischer und dem Geist in der Flasche ein gutes Beispiel. Ein Fischer, der seine Netze vor der Küste Palästinas auswirft, zieht einen irdenen Krug empor, der mit dem Siegel Salomons verschlossen ist.

Er erbricht das Siegel, Dampf zischt aus dem Krug und nimmt die Gestalt eines ungeheuren Geistes an. Das Wesen erzählt ihm, dass es eines jener rebellischen Wesen sei, die der große König Salomon gefangen gehalten habe, dass es zuerst beabsichtigt hatte, seinen Befreier mit Macht und Reichtum zu belohnen, jedoch im Laufe der Jahre sei es zu dem Entschluss gekommen, den ersten Sterblichen, den es erblicke, zu erschlagen – vor allem denjenigen, der es befreien würde.

Zu seinem Glück scheint der Fischer ein einfallsreicher Bursche gewesen zu sein, der eine gute Portion Schmeichelei besaß. Er rechnet mit der Eitelkeit des Wesens und überredet es, ihm durch Rückkehr in den Krug vorzuführen, wie ein so großes Wesen in einen so kleinen Behälter gesperrt werden konnte. Er schließt und versiegelt den Krug schnell wieder und wirft ihn zurück ins Meer, gratuliert sich selbst, dass er mit knapper Not entkommen ist und lebt glücklich bis an sein Lebensende.

In anderen Erzählungen hat die Hauptfigur eine nicht ganz so zufällige Begegnung mit der Magie und kommt entweder näher an den Rand der Katastrophe oder aber geht völlig unter. In Goethes Gedicht vom Zauberlehrling wird der junge Gehilfe, der des Meisters magische Gewänder reinigt,

den Fußboden fegt und Wasser holt, vom Zauberer mit dem Befehl alleingelassen, das Wasserfass zu füllen. Im Besitz einer guten Portion jener Faulheit, die die wahre Mutter der Erfindung ist – sie brachte den Jungen, der Newcomens Maschine bediente, dazu, die Ventilschnur, die er ziehen sollte, am Kreuzkopf zu befestigen und führte so zu der Idee des automatischen Ventilgetriebes -, erinnert sich der Bursche einiger Bruchstücke eines Zauberspruches, die er von seinem Meister gehört hat, und stellt den Besen zum Wasserholen an. Der Besen erledigt diesen Auftrag schnell und effektiv. Als das Fass überzulaufen beginnt, kann sich der Junge nicht auf die Formel besinnen, mit der der Zauberer den Besen anhielt. Er ist dem Ertrinken nahe, als der Meister zurückkommt, das Machtwort spricht und dem Lehrling eine gehörige Lektion erteilt.

Selbst hier ist die endgültige Katastrophe durch einen *deus ex machina* abgewandt. W. W. Jacobs, ein englischer Schriftsteller am Anfang unseres Jahrhunderts, hat in seiner Geschichte »Die Affenpfote«<sup>9</sup>, die zu den klassischen Gruselgeschichten der Literatur gehört, das Prinzip zu einem logisch zwingenden Schluss geführt.

In dieser Erzählung setzt sich eine englische Arbeiterfamilie in der Küche zum Abendessen nieder. Der Sohn macht sich auf den Weg zur Arbeit in einer Fabrik, und die alten Eltern lauschen den Erzählungen ihres Gastes, eines Oberfeldwebels, der vom Dienst in der indischen Armee zurückgekehrt ist. Er erzählt ihnen von indischer Magie und zeigt ihnen eine getrocknete Affenpfote, die, wie er ihnen sagt, ein Talisman ist und von einem indischen Heiligen mit der Fähigkeit ausgestattet wurde, drei aufeinander folgenden Besitzern dieser Pfote je drei Wünsche zu erfüllen. Hierdurch, so meint er, solle bewiesen werden, dass es töricht sei, gegen das Schicksal kämpfen zu wollen.

Er erzählt, dass er über die ersten zwei Wünsche des ersten Besitzers nichts wisse, dass der letzte jedoch der Wunsch nach dem Tod gewesen sei. Er selbst sei der zweite Besitzer gewesen, doch seien seine Erfahrungen zu schrecklich gewesen, um sie wiedergeben zu können. Gerade will er die Pfote auf das Kohlenfeuer werfen, als der Gastgeber sie auffängt und sich, trotz heftiger Warnung des Oberfeldwebels, 200 £ wünscht.

Bald darauf klopft es an die Tür. Es ist ein sehr ernster Herr aus der Fabrik, in der der Sohn beschäftigt ist. So behutsam wie möglich teilt er mit, dass der Sohn bei einem Unfall in der Fabrik ums Leben gekommen sei. Obwohl die Gesellschaft keinerlei Verantwortung für den Vorfall anerkennt, bietet sie 200 £ als Entschädigung an.

Die Eltern sind außer sich und wünschen auf Bitten der Mutter den Sohn zurück. Draußen ist es jetzt dunkel geworden – eine dunkle, windige Nacht. Wieder klopft es. Irgendwie wissen die Eltern, dass es ihr Sohn ist, der vor der Tür steht, aber nicht als ein körperliches Wesen. Die Geschichte endet mit dem dritten Wunsch – dass das Gespenst fortgehen möge.

Das Thema all dieser Erzählungen ist die Gefahr der Zauberei. Diese scheint auf der Tatsache zu beruhen, dass die Wirkungskraft der Zauberei sich wortwörtlich nach dem Wunsch richtet. Wenn die Magie einem überhaupt etwas gewährt, so gewährt sie genau das, was man erbittet, nicht das, was man hätte wünschen sollen oder was man wirklich meint. Wenn man um 200 £ bittet und dabei nicht die Bedingung stellt, dass dieser Wunsch nicht auf Kosten des Lebens des eigenen Sohnes erfüllt werden soll, so erhält man 200 £, ob der Sohn lebt oder stirbt.

Von der Magie der Automatisierung und im besonderen der Magie einer Automatisierung, deren Systeme lernen, kann man erwarten, dass sie ebenso buchstäblich verfährt. Wenn man ein Spiel nach bestimmten Regeln spielt und den Spielautomaten so instruiert, dass er danach trachtet zu gewinnen, so wird man, wenn überhaupt etwas, den Sieg erlangen, und die Maschine wird kein anderes Ziel verfolgen als – den Regeln entsprechend – zu siegen. Wenn man ein Kriegsspiel spielt, bei dem der Begriff »Sieg« auf konventionelle Weise interpretiert ist, wird der Sieg zum Ziel, koste es was es wolle, selbst wenn es zur Vernichtung der eigenen Seite führt - es sei denn, die Bedingung

<sup>9</sup> Jacobs, W. W., »The Monkey's Paw«, in *The Lady of the Barge*, Dodd, Mead and Co.; ebenfalls in *Modern Short Stories*, Ashmum, Marg., Ed., The Macmillan Co., New York, 1915.

des Überlebens wäre ausdrücklich in der Siegesdefinition enthalten, nach der die Maschine programmiert wird.

Dies ist mehr als ein ganz harmloser verbaler Widerspruch. Ich weiß tatsächlich nichts, was der Behauptung widerspricht, Russland oder die Vereinigten Staaten oder beide spielten mit dem Gedanken, Maschinen, und zwar Lernmaschinen, einzusetzen, um den Augenblick zu bestimmen, in dem der Atombombenknopf gedrückt wird, mit dem die *ultima ratio* unserer gegenwärtigen Welt hereinbricht.

Viele Jahre lang haben alle Armeen Kriegsspiele aufgeführt, und diese Spiele waren immer hinter ihrer Zeit zurück. Man sagte, dass in jedem Krieg die guten Generäle den letzten Krieg führten, die schlechten aber den vorletzten. Das heißt also, dass die Regeln des Kriegsspieles niemals mit den Tatbeständen der eigentlichen Situation Schritt halten.

Dies ist immer so gewesen, obwohl in Zeiten zahlreicher Kriege immer eine Gruppe erprobter Kämpfer existierte, die ihre Kriegserfahrungen unter Bedingungen sammelten, die nicht so schnell wechselten. Diese erfahrenen Männer sind, im wahrsten Sinne des Wortes, die einzigen »Kriegsexperten«. Augenblicklich gibt es keine »Atomkriegsexperten«: das heißt, keine Männer, die irgendeine Erfahrung in einem Konflikt besitzen, in dem beide Seiten Atomwaffen besitzen und sie auch gebrauchen. Das Ausmaß der Zerstörung unserer Städte in einem Atomkrieg, die Zermürbung unserer Bevölkerung, Hunger und Krankheit und die zufällige Zerstörung (die sehr wohl viel größer sein könnte als die Anzahl Toter durch Explosion und unmittelbaren Ausfall) kann man nur vermuten.

Hierbei können sich diejenigen, die den geringsten Prozentsatz sekundärer Schäden und die größte Überlebenschance für die Nationen voraussagen, die diesem neuen Typ von Katastrophe ausgesetzt sind, in das stolze Gewand des Patriotismus hüllen – und sie tun es. Wenn ein Krieg vollkommen selbst zerstörerisch wird, wenn eine militärische Operation jeden Sinn verloren hat, wodurch Armee und Marine viel von ihrem Zweck eingebüßt haben, werden die armen, treu ergebenen Generäle und Admiräle ihres Amtes enthoben werden. Die Raketenfabriken werden nicht mehr den idealen Absatzmarkt finden, auf dem alle Waren nur einmal gebraucht werden können und nicht übrig bleiben, um mit anderen noch nicht hergestellten Waren zu konkurrieren. Der Klerus wird um seine Begeisterung und seinen Jubel betrogen werden, der mit einem Kreuzzug einhergeht. Kurz, wenn es erst einmal ein Kriegsspiel gibt, um einen solchen Feldzug zu programmieren, werden viele seine Konsequenzen vergessen, sich die 200 £ wünschen und nicht daran denken zu erwähnen, dass der Sohn überleben möge.

Obwohl es immer möglich ist, um etwas anderes zu bitten, als wir wirklich wünschen, ist diese Möglichkeit am gefährlichsten, wenn der Prozess, durch den wir unseren Wunsch erreichen, ein indirekter ist und das Ausmaß, in dem unser Wunsch erfüllt wird, erst am Ende deutlich wird. Gewöhnlich verwirklichen wir unsere Wünsche, soweit wir sie überhaupt verwirklichen, durch einen Rückmeldeprozess, bei dem wir die erreichten Zwischenziele mit der Erwartung, die wir für sie hegen, vergleichen. In diesem Prozess vollzieht sich die Rückmeldung durch uns, und wir können zurücktreten, bevor es zu spät ist. Wird die Rückmeldung jedoch in eine Maschine eingebaut, die nicht geprüft werden kann, bevor das Endziel erreicht ist, dann sind die Möglichkeiten für eine Katastrophe weitaus größer. Ich würde sehr ungern an der ersten Versuchsfahrt eines Autos teilnehmen, das durch fotoelektrische Rückmeldungsgeräte gesteuert wird, außer, es gäbe irgendwo einen Hebel, durch den ich die Kontrolle übernehmen könnte, falls ich mich geradewegs auf einen Baum zufahren sehe.

Technophyle Leute leben oft in der Illusion, dass eine hoch automatisierte Welt weniger Ansprüche an die menschliche Erfindungsgabe stellen würde als die gegenwärtige und uns von der Notwendigkeit schwierigen Denkens befreien wird, so wie es ein römischer Sklave, der zugleich ein griechischer Philosoph war, wohl für seinen Herrn getan hätte. Dies ist offensichtlich falsch. Ein zielstrebigem Mechanismus wird nicht unbedingt *unsere* Ziele aussuchen, es sei denn, wir entwerfen ihn für diesen Zweck. In einem solchen Entwurf müssen alle Schritte des Prozesses, für den er bestimmt

ist, vorhergesehen werden: Man kann hier nicht eine experimentelle Voraussicht ausüben, die bis zu einem bestimmten Punkt geht und von diesem aus fortgesetzt werden kann, wenn neue Schwierigkeiten auftreten. Die unangenehmen Folgen durch Irrtümer der Voraussage, so groß sie jetzt schon sind, werden sehr stark zunehmen, sobald die Automatisierung zu ihrer vollen Anwendung kommt.

Augenblicklich ist die Idee große Mode, einige der Gefahren und besonders die Gefahren, die den Atomkrieg begleiten, durch so genannte »fehlssichere« Geräte zu vermeiden. Die ihr zugrunde liegende Vorstellung ist die, dass es möglich ist, selbst ein Gerät, das nicht exakt arbeitet, so zu steuern, dass die Art seiner Fehler harmlos bleibt. Wenn zum Beispiel eine Pumpe zu versagen droht, ist es oft viel besser, wenn sie sich dabei ausleert als wenn sie unter dem Druck des Wassers explodiert. Stehen wir einer bestimmten, schon erkannten Gefahr gegenüber, so ist das fehlssichere Verfahren berechtigt und zweckdienlich. Es hat jedoch wenig Wert, es einer Gefahr gegenüber anzuwenden, deren Natur noch nicht erkannt wurde. Handelt es sich zum Beispiel um eine zwar fern liegende, jedoch endgültige Gefahr für das menschliche *Geschlecht*, die seine Ausrottung einschließt, wird nur eine sehr sorgfältige Untersuchung der menschlichen Gesellschaft sie als eine Gefahr aufzeigen, bevor sie über uns hereinbricht. Gefährliche Möglichkeiten dieser Art sind nicht durch ein Schild gekennzeichnet. Folglich kann das fehlssichere Verfahren, obwohl es zur Vermeidung einer Katastrophe für die Menschheit notwendig sein mag, ganz sicher nicht als ausreichende Vorsichtsmaßnahme angesehen werden.

Da die Technik des Ingenieurwesens immer mehr menschliche Funktionen zu bewältigen lernt, muss sie sich mehr und mehr daran gewöhnen, menschliche Absichten zu formulieren. Früher war eine partielle und unzureichende Auffassung von den Funktionen des Menschen nur deshalb relativ harmlos, weil sie von technischen Beschränkungen begleitet war, die es uns erschwerten, Untersuchungen durchzuführen, die eine sorgsame Abschätzung menschlicher Zwecke erforderlich machten. Dies ist nur eins der vielen Gebiete, auf denen menschliche Unfähigkeit uns bis jetzt vor dem vollen vernichtenden Ausbruch menschlicher Torheit bewahrt hat.

Mit anderen Worten: Früher waren viele Gefahren, denen sich die Menschheit gegenüber sah, viel leichter zu überstehen, weil sich das Unheil in vielen Fällen von nur einer Seite darbot. In einer Zeit, deren große Bedrohung der Hunger ist, besteht die Sicherheit in einer erhöhten Produktion von Lebensmitteln, und von daher droht nicht viel Gefahr. Angesichts einer höheren Sterbeziffer (und vor allem einer hohen Säuglingssterblichkeit) und einer Medizin von sehr geringer Wirksamkeit war das einzelne Menschenleben von größtem Wert, und es war angemessen, uns aufzuerlegen, fruchtbar zu sein und sich zu vermehren. Der Druck der Hungersnot war wie der Druck der Schwerkraft, auf die unsere Muskeln, Knochen und Sehnen immer eingestellt sind.

Die Veränderung der Spannungen des modernen Lebens, die sich aus dem Entstehen neuer Belastungen und dem Verschwinden alter ergibt, ist den neuen Problemen der Raumschiffahrt ziemlich analog. In der Gewichtlosigkeit, die uns im Raumschiff auferlegt ist, ist diese einseitig gerichtete konstante Kraft, mit der wir in unserem täglichen Leben so sehr rechnen, nicht mehr vorhanden. Der Passagier eines solchen Raumschiffes braucht Griffe, um sich festzuhalten, Tuben, aus denen er Speisen und Getränke herausdrückt, mannigfaltige Richtungshilfsgeräte, durch die er seine Position bestimmen kann, und selbst wenn es jetzt den Anschein hat, dass er physisch nicht allzu ernstlich beeinträchtigt ist, wird er sich kaum so behaglich fühlen, wie er gern möchte. Die Schwerkraft ist mindestens ebenso sehr unser Freund wie sie unser Feind ist.

In ähnlicher Weise werden, wo keine Hungersnot besteht, die Überproduktion von Lebensmitteln, Ziellosigkeit und ein Hang zur Verschwendung und Vergeudung zu ernstlichen Problemen. Der Fortschritt der Medizin ist ein Faktor, der zur Übervölkerung beiträgt – der weitaus größten Gefahr, der die Menschheit Augenblicklich gegenübersteht. Die alten Maxime, nach denen die Menschheit so lange gelebt hat – wie zum Beispiel: »Ein gesparter Pfennig ist ein verdienter Pfennig« –, können nicht mehr als fraglos gültig angesehen werden.

Ich war einmal mit einer Gruppe von Ärzten beim Essen – sie sprachen ungezwungen miteinander und besaßen genügend Selbstvertrauen, auch unkonventionelle Dinge ohne Scheu auszusprechen –,

und sie begannen die Möglichkeit eines radikalen Angriffs gegen die degenerative Krankheit zu diskutieren, die als Vergreisung bekannt ist. Sie betrachteten diese Möglichkeit nicht als außer Reichweite einer medizinischen Attacke stehend, sondern sie sahen eher dem Tag entgegen – vielleicht schon in naher Zukunft –, wenn der Zeitpunkt des unvermeidlichen Todes aufgeschoben sein würde, vielleicht in eine unbestimmte Zukunft; der Tod würde nur rein zufällig existieren, wie es bei den Riesentannen und vielleicht einigen Fischen der Fall zu sein scheint.

Ich möchte damit nicht sagen, dass sie mit dieser Vermutung recht haben (und sie werden diese Idee sicherlich nur als eine Vermutung einschätzen), doch das Gewicht der Namen, die diese Ansicht unterstützen – es war auch ein Nobelpreisträger anwesend – war zu groß, um mich diesen Gedanken einfach von der Hand weisen zu lassen. So tröstlich die Idee auf den ersten Blick auch sein mag – in Wirklichkeit ist sie sehr erschreckend, und vor allem für die Ärzte. Denn wenn eins feststeht, so ist es dies, dass die Menschheit als solche die unbestimmte Verlängerung allen entstehenden Lebens nicht lange überdauern könnte. Einmal würde der nicht für sich selbst sorgende Teil der Menschheit den Teil weitaus überwiegen, auf dem seine kontinuierliche Existenz beruht, zum anderen stünden wir den Menschen der Vergangenheit gegenüber in so ewiger Schuld, dass wir absolut nicht darauf vorbereitet wären, den neuen Problemen der Zukunft ins Auge zu sehen.

Es ist undenkbar, dass alle Menschenleben unterschiedslos verlängert werden sollten. Wenn die Möglichkeit unbestimmter Verlängerung jedoch besteht, so bringt die Begrenzung eines Lebens oder selbst die Weigerung oder nachlässige Unterlassung, es zu verlängern, eine moralische Entscheidung der Ärzte mit sich. Was wird dann aber aus dem traditionellen Ansehen des medizinischen Berufes als Priester des Kampfes gegen den Tod und als Diener der Gnade werden? Ich gebe zu, dass es sogar heutzutage Fälle gibt, in denen Ärzte diesen Auftrag einschränken und beschließen, ein nutzloses und elendes Leben nicht länger auszudehnen. Oft werden sie sich weigern, die Nabelschnur einer Missgeburt abzuknoten; oder wenn ein alter, an nicht operierbarem Krebs leidender Mann dem »Freund des alten Mannes«, nämlich der hypostatischen Lungenentzündung, zum Opfer fällt, so werden sie ihm eher den leichteren Tod gewähren, als ihm das letzte Maß an Schmerzen abzufordern, zu dem ihn das Weiterleben verurteilen würde. Meistens geschieht dies still und bescheiden, und erst, wenn ein geschwätziger Tor das Geheimnis ausplaudert, füllen sich die Gerichte und Zeitungen mit dem Gerede über »Euthanasie«.

Was soll jedoch geschehen, wenn derartige Entscheidungen, statt selten und unerwähnt zu bleiben, nicht nur in einigen Sonderfällen, sondern im Falle fast eines jeden Todes getroffen werden müssen? Was soll werden, wenn jeder Patient in jedem Arzt nicht nur seinen Retter, sondern am Ende seinen Henker sieht? Kann der Arzt diese Macht über Gut und Böse, die man ihm aufdrängen wird, überleben? Kann die Menschheit selbst diese neue Ordnung der Dinge überleben?

Es ist recht einfach, das Gute zu fördern und das Böse zu bekämpfen, wenn Gut und Böse sich in zwei klar begrenzten Reihen gegenüberstehen und wenn jene auf der anderen Seite unsere geschworenen Feinde, die auf unserer Seite unsere verlässlichen Freunde sind. Wie jedoch, wenn wir uns jedes Mal in jeder Situation fragen müssen, wer der Freund und wer der Feind ist? Wie, außerdem, wenn wir die Entscheidung den Händen einer unerbittlichen Maschine anvertraut haben, der wir die richtigen Fragen im Voraus stellen müssen, ohne die Verfahren des Prozesses, der sie beantwortet, voll zu verstehen? Können wir uns dann auf die Wirkung der Affenfote verlassen, von der wir die 200 £ erbeten haben?

Nein, die Zukunft enthält wenig Hoffnung für die, die erwarten, dass unsere neuen mechanischen Sklaven uns eine Welt anbieten, in der wir uns vom Denken ausruhen können. Sie mögen uns helfen, aber auf Kosten höchster Anforderungen an unsere Aufrichtigkeit und Intelligenz. Die Welt der Zukunft wird ein mehr und mehr aufreibender Kampf gegen die Beschränkungen unseres Verstandes sein, keine bequeme Hängematte, in die wir uns legen können, um von unseren Roboter-sklaven bedient zu werden.

## Kapitel 6: *Symbiose Mensch-Maschine?*

Eines der großen Zukunftsprobleme, mit dem wir uns befassen müssen, ist also die der Beziehung zwischen Mensch und Maschine und der Funktionen, die diesen beiden Wirksystemen eigentlich zuerteilt werden sollten. Bei oberflächlicher Betrachtung hat die Maschine gewisse klare Vorteile. Sie arbeitet schneller und einheitlicher, oder wenigstens kann man ihr diese Eigenschaften durch gute Planung verleihen. Ein Digitalrechner vermag an einem Tag die Arbeitsmenge zu leisten, die eine Gruppe menschlicher Rechner die volle Anstrengung eines Jahres kosten würde, und er führt diese Aufgabe mit einem Mindestmaß an Makeln und Fehlern aus.

Auf der anderen Seite hat das menschliche Wesen gewisse, nicht unwesentliche Vorteile. Ganz abgesehen von der Tatsache, dass jeder vernünftige Mensch bei den Beziehungen zwischen Mensch und Maschine die Zwecke des Menschen als höher stehend betrachtet, ist die Maschine weit weniger kompliziert als der Mensch und besitzt weitaus weniger Spielraum bei der Auswahl ihrer Betätigungen. Wenn wir bedenken, dass das Neuron der grauen Gehirnmasse die Größe von  $10^{-6}$  Kubikmillimeter aufweist, während der kleinste erhältliche Transistor heute die Größe eines Kubikmillimeters hat, werden wir die Situation vom Gesichtspunkt des Vorteils, den das Neuron im Hinblick auf das kleinere Volumen hat, nicht allzu ungünstig beurteilen. Wenn die weiße Gehirnmasse der Schaltung eines Computers gleichwertig sein soll, und wenn wir jedes Neuron als funktionelles Äquivalent eines Transistors ansehen, so müsste der einem Gehirn gleichwertige Computer einen Bereich von ungefähr 30 Fuß Durchmesser einnehmen.

Tatsächlich wäre es unmöglich, einen Computer zu konstruieren, der nur im Entferntesten die relative Dichte der Gehirnschubstanz hätte, und ein Computer, dessen Fähigkeiten mit denen des Gehirns vergleichbar sind, würde ein ziemlich großes Verwaltungsgebäude, wenn nicht sogar einen Wolkenkratzer, einnehmen. Es ist schwer zu glauben, dass das Gehirn, verglichen mit gegenwärtigen Computern, nicht einige Vorteile aufweist, entsprechend dem enormen Umfang seiner Funktionmöglichkeiten, der unvergleichbar größer ist als wir von seinem physischen Umfang erwarten würden.

An erster Stelle würde unter diesen Vorteilen die Fähigkeit stehen, sich mit unbestimmten, noch nicht klar umrissenen Ideen zu befassen. Wenn sich mechanische Computer oder wenigstens die uns heute zur Verfügung stehenden Computer mit diesen unbestimmten Ideen beschäftigen müssen, so sind sie kaum imstande, sich selbst zu programmieren. Doch scheint das Gehirn in Gedichten, Romanen und Gemälden sehr gut mit Material arbeiten zu können, das jeder Computer als formlos abweisen müsste.

Gebt dem Menschen, was des Menschen ist und dem Computer, was des Computers ist! Das zu befolgen scheint das vernünftigste Verfahren zu sein, wenn wir Menschen und Computer zusammen bei gemeinsamen Unternehmungen beschäftigen. Diese Methode ist ebenso fern von der des Apparate-Anbeters wie von jenem Menschen, der in der Verwendung irgendwelcher mechanischer Hilfsmittel zur Ausführung einer Idee nur eine Gotteslästerung und Erniedrigung des Menschen sieht. Was wir jetzt benötigen, ist eine unabhängige Untersuchung von Systemen, die zugleich menschliche und mechanische Elemente umfassen. Dieses System dürfte weder durch ein pro- noch durch ein kontra-mechanisches Vorurteil beeinträchtigt werden. Ich denke, dass eine solche Untersuchung bereits unternommen wird und dass sie ein viel besseres Verständnis der Automatisierung verspricht.

Ein Gebiet, auf dem solche Mischsysteme angewandt werden können und angewandt werden, ist das des Entwurfs von Prothesen, von Geräten, die Glieder oder verletzte Sinnesorgane ersetzen. Ein Holzbein ist ein mechanischer Ersatz für ein Bein aus Fleisch und Blut, und ein Mensch mit einem Holzbein vertritt ein System, das zugleich aus mechanischen und menschlichen Teilen besteht.

Vielleicht ist das klassische Stelzbein uninteressant, da es das verlorene Glied nur in sehr primitiver Weise ersetzt, und das dem Glied nach geformte Holzbein ist auch nicht viel interessanter. In Russland, in den Vereinigten Staaten und an anderer Stelle arbeitet jedoch eine Gruppe, der ich

angehöre, an Kunstgliedern. Diese Arbeit ist im Grunde viel interessanter und macht wirklich von kybernetischen Ideen Gebrauch.

Nehmen wir an, dass ein Mann eine Hand bis zum Handgelenk verloren hat. Er hat einige Muskeln verloren, die hauptsächlich dazu dienen, die Finger zu spreizen und wieder zu schließen, aber der größere Teil der Muskeln, die normalerweise Hand und Finger bewegen, ist noch im Stumpf des Unterarms intakt geblieben. Wenn sie zusammengezogen werden, so können sie Hand und Finger ja nicht bewegen, doch rufen sie gewisse elektrische Signale hervor, die als Aktionspotentiale bekannt sind. Diese können durch geeignete Elektroden aufgefangen, verstärkt und durch Transistorschaltungen kombiniert werden. Sie könnten imstande sein, die Bewegungen einer künstlichen Hand durch elektrische Motoren zu steuern, die durch geeignete Elektro-Batterien oder Akkumulatoren mit Energie versorgt werden. Die Steuersignale werden aber von Transistorschaltungen geliefert. Die nervale Zentralstelle des Steuerungssystems ist im allgemeinen fast unversehrt und sollte benutzt werden.

Künstliche Hände dieser Art sind schon in Russland hergestellt worden, und sie haben es einigen Handamputierten sogar ermöglicht, zu produktiver Arbeit zurückzukehren. Dieses Ergebnis wird durch den Umstand gefördert, dass das gleiche Nervensignal, das vor der Amputation für die Zusammenziehung der Muskeln wirksam war, auch noch beim Lenken der vom Motor gesteuerten künstlichen Hand wirksam ist. Dadurch wird der Gebrauch dieser Hände leichter und natürlicher erlernt.

Trotzdem kann eine künstliche Hand als solche nicht fühlen, und die Hand ist ebenso sehr ein Organ des Tastsinns wie der Bewegung. Doch halt, warum hat eine künstliche Hand keinen Tastsinn? Es ist einfach, Druckmesser in die künstlichen Finger einzubauen, und diese können elektrische Impulse an einen geeigneten Stromkreis weitergeben. Dieser wiederum kann in seinem Bereich Geräte aktivieren, die auf die lebende Haut, z. B. die Haut des Stumpfes, wirken, beispielsweise mit Vibratoren. Dadurch können wir einen stellvertretenden Tastsinn bewirken, und wir können es vielleicht erlernen, mit seiner Hilfe das natürliche Tastgefühl zu ersetzen. Außerdem besitzen die verstümmelten Muskeln noch sensorische, kinästhetische Elemente, und daraus kann Nutzen gezogen werden.

Folglich ist eine neue Technik im Bau von Prothesen möglich, und sie wird den Aufbau von Systemen gemischter Natur betreffen, die sowohl menschliche wie auch mechanische Teile einschließen. Dieser Zweig der Technik braucht sich jedoch nicht auf den Ersatz verlorener Gliedmassen zu beschränken. Es gibt Prothesen von Teilen, die wir nicht haben und auch niemals besaßen. Der Delphin treibt sich mit seinen Schwanzflossen durch das Wasser vorwärts und vermeidet Hindernisse, indem er auf die Reflexion von Geräuschen hört, die er selbst aussendet. Was ist der Propeller eines Schiffes anderes als ein Paar künstlicher Schwanzflossen, und das Tiefseelot ist nur ein stellvertretendes Sende- und Horchgerät, das dem des Delphins ähnlich ist. Die Flügel und Motoren eines Flugzeuges ersetzen die Flügel des Adlers, das Radargerät seine Augen, während das Nervensystem, das sie verbindet, durch den automatischen Lotsen und andere Navigationsvorrichtungen dieser Art ersetzt wird.

Menschlich-mechanische Systeme sind also nützlich für ein weites praktisches Gebiet; für einige Situationen sind sie sogar unentbehrlich. Wir haben bereits festgestellt, dass lernende Automaten nach einer gewissen Leistungsnorm arbeiten müssen. Im Falle der Spielautomaten, bei denen die erlaubten Züge vorher willkürlich festgesetzt werden, besteht das Spielziel darin, durch eine Reihe von erlaubten Zügen zu gewinnen, entsprechend einer strengen Konvention, die Gewinn und Verlust bestimmt. Diese Norm verursacht dabei keine Schwierigkeiten. Es gibt jedoch noch viele Tätigkeiten, die wir gern durch Lernprozesse verbessern würden, bei denen der Erfolg der Tätigkeit selbst nach einem Kriterium beurteilt werden sollte, das das menschliche Wesen einbezieht und bei denen das Problem keineswegs einfach ist, dieses Kriterium auf formale Regeln zurückzuführen.

Ein Gebiet, auf dem die Nachfrage nach Automatisierung groß ist und eine große mögliche Nachfrage nach Lernautomatisierung besteht, ist das der mechanischen Übersetzung. Angesichts des

gegenwärtigen metastabilen Zustandes internationaler Spannung sind die USA und Russland beide von einer gleichen und oppositionellen Notwendigkeit erfüllt, herauszufinden, was der andere denkt und sagt. Da auf beiden Seiten nur eine begrenzte Anzahl tüchtiger menschlicher Übersetzer zur Verfügung steht, untersucht jede Seite die Möglichkeiten der mechanischen Übersetzung. Dieses ist auf eine Art erreicht worden, doch war weder die literarische Qualität noch die Verständlichkeit dieser Übersetzungsergebnisse ausreichend, um auf beiden Seiten große Begeisterung auszulösen. Keines der mechanischen Übersetzungsgeräte hat sich bis jetzt als zuverlässig erwiesen, wenn folgenschwere Ergebnisse von der Genauigkeit der Übersetzung abhängen.

Vielleicht ist die vielversprechendste Methode der Übersetzungsmechanisierung der Weg über die Lernmaschine. Damit eine solche Maschine funktionieren kann, müssen wir ein zuverlässiges Kriterium für eine gute Übersetzung haben. Dies wird eins von zwei Dingen erforderlich machen: entweder einen vollständigen Satz objektiv anwendbarer Regeln, die bestimmen, wann eine Übersetzung gut ist oder irgendeine Stelle, die ein Kriterium für gutes Übersetzen unabhängig von solchen Regeln anwenden kann.

Das übliche Kriterium einer guten Übersetzung ist ihre Verständlichkeit. Wer den Text in der Sprache liest, in die übersetzt worden ist, muss von dem Text den gleichen Eindruck gewinnen, den die Leser haben, die den Text in der Sprache der Originalfassung lesen können. Wenn dieses Kriterium ein wenig schwierig anzuwenden ist, können wir ein anderes angeben, das, wenn auch nicht ausreichend, so doch notwendig ist. Nehmen wir an, dass wir zwei unabhängige Übersetzungsmaschinen haben, z. B. eine für Englisch-Dänisch und die zweite für Dänisch-Englisch. Wenn die erste Maschine einen englischen Text ins Dänische übersetzt hat, so lässt man ihn von der zweiten ins Englische zurückübersetzen. Die endgültige Übersetzung muss dann von einer Person, die mit der englischen Sprache vertraut ist, entsprechend dem Original wieder erkennbar sein.

Es ist denkbar, dass man ein Schema so definitiver Regeln für eine solche Übersetzung aufzustellen vermag, dass es einer Maschine anvertraut werden kann, ja, dass dieses Schema so vollendet ist, dass es genügen würde, wenn eine Übersetzung sich nach diesen Regeln richtete, um dem von uns aufgestellten Kriterium gerecht zu werden. Ich glaube nicht, dass die Linguistik so weit fortgeschritten ist, um ein Schema von Regeln dieser Art anwendbar zu machen, auch nicht, dass in absehbarer Zeit irgendeine Aussicht auf einen solchen Fortschritt besteht. Reicht eine Übersetzungsmaschine nicht an die genannten Bedingungen heran, so läuft sie Gefahr, sich zu irren. Wenn irgendeine wichtige Überlegung hinsichtlich eines Unternehmens oder Verfahrens unter Anwendung einer Übersetzungsmaschine zu treffen ist, so kann ein kleiner Fehler, selbst eine geringe Fehlerchance, unverhältnismäßig große und ernstliche Folgen nach sich ziehen.

Ich meine, dass die größte Hoffnung, eine einigermaßen befriedigende mechanische Übersetzung zu erhalten, darin liegt, einen reinen Mechanismus, wenigstens am Anfang, durch ein mechanisch-menschliches System zu ersetzen, als Kritiker einen erfahrenen menschlichen Übersetzer einzubeziehen, um dieses System durch Übungen zu unterweisen, etwa wie ein Lehrer menschliche Schüler unterrichtet. Später wird das Gedächtnis der Maschine vielleicht genügend Unterweisung vonseiten des Menschen absorbiert haben, um künftige menschliche Beteiligung nicht mehr zu erfordern, es sei denn, in der Art eines zeitweiligen Wiederholungskurses. Auf diese Weise könnte die Maschine linguistische Reife entwickeln.

Ein solcher Plan würde ein Übersetzungsbüro nicht von der Notwendigkeit befreien, einen erfahrenen Linguisten einzustellen, auf dessen Können und Urteilsvermögen man sich verlassen könnte. Es würde oder könnte ihn wenigstens dazu befähigen, ein beträchtlich größeres Übersetzungspensum zu bearbeiten als es ihm ohne mechanische Hilfe möglich wäre. Meiner Meinung nach ist dies das Beste, was wir von einer mechanischen Übersetzung erwarten können.

Bis jetzt haben wir das Bedürfnis nach einem Kritiker diskutiert, der ein Gefühl für menschliche Werte hat, wie z.B. in einem Übersetzungssystem, das, mit Ausnahme des Kritikers, vollkommen mechanisch ist. Wenn jedoch das Element »Mensch« als Kritiker einbezogen werden soll, so ist es vernünftig, dieses menschliche Element auch in anderen Stadien einzuführen. Bei einer Überset-

zungsmaschine ist es durchaus unwesentlich, dass uns der mechanische Teil der Maschine eine einzige vollständige Übersetzung gibt. Sie kann uns eine reiche Anzahl verschiedener Übersetzungen für einzelne Sätze liefern, die innerhalb der grammatischen und lexikographischen Regeln liegen und dem Kritiker die sehr verantwortungsvolle Aufgabe der Zensur und der Auswahl derjenigen mechanischen Übersetzung überlassen, die dem Sinn nach am besten zutrifft. Es besteht kein Grund anzunehmen, dass durch die Verwendung der Maschine beim Übersetzen die Bildung einer vollständig geschlossenen Übersetzung auf die Maschine beschränkt sein sollte, selbst wenn diese Übersetzung durch Kritik im ganzen verbessert werden soll. Mit der Kritik kann sogar viel früher begonnen werden.

Was ich über Übersetzungsmaschinen gesagt habe, gilt in gleichem oder sogar stärkerem Maße für Maschinen, die medizinische Diagnosen stellen sollen. Solche Maschinen erfreuen sich in den medizinischen Zukunftsplänen großer Beliebtheit. Sie mögen dazu dienen, gewisse Elemente, die der Arzt zur Diagnose benötigt, herauszufinden, doch besteht durchaus nicht die Notwendigkeit, dass sie die Diagnose ohne den Arzt vollenden müssten. Ein derart abgeschlossenes und fortgesetztes Verfahren eines medizinischen Automaten würde früher oder später wahrscheinlich allerlei Krankheiten und viele Todesfälle verursachen.

Ein ähnliches Problem, das die gemeinsame Berücksichtigung mechanischer und menschlicher Komponenten fordert, ist das Problem der Auswirkung einer Erfindung, über das ich mit Herrn Dr. Gordon Raisbeck von der Firma Arthur D. Little, Inc. gesprochen habe. Was die Wirkung einer Erfindung anbetrifft, dürfen wir sie nicht nur im Hinblick auf den Erfindungswert betrachten, sondern müssen auch bedenken, wie diese Erfindung gebraucht werden kann – wie sie im menschlichen Zusammenleben gebraucht werden wird. Der zweite Teil des Problems ist oft schwieriger als der erste und besitzt eine weniger geschlossene Methodik. Folglich stehen wir vor einem Entwicklungsproblem, das im wesentlichen ein Lernproblem darstellt, nicht ausschließlich eines mechanischen Systems, sondern eines mechanischen Systems, das mit der menschlichen Gesellschaft verbunden ist. Dies ist deutlich ein Fall, der die Überlegung des Problems der besten gemeinsamen Verwendung von Mensch und Maschine erforderlich macht.

Eine verwandte und ebenfalls sehr dringende Frage ist die der Anwendung und Entwicklung militärischer Erfindungen in Verbindung mit der Entwicklung von Taktik und Strategie. Auch hier darf das Problem der Funktion nicht vom Automatisierungsproblem getrennt werden.

Das Problem, die Maschine durch richtigen Gebrauch der Intelligenz des Übersetzers, des Arztes oder des Erfinders an die gegenwärtigen Umstände anzupassen, ist nicht nur ein Problem, mit dem wir uns jetzt befassen müssen, sondern eins, das man immer und immer wieder ins Auge fassen muss. Der stetig sich entwickelnde Stand der Künste und Wissenschaften bedeutet, dass wir uns nicht damit zufrieden geben können, die Summe der Kenntnisse irgendeiner einzelnen Epoche zu übernehmen. Dies trifft vielleicht am stärksten zu bei der Kontrolle der Gesellschaft und der Organisation politischer Lernsysteme. In einer Zeit relativer Stabilität – wenn nicht hinsichtlich der Lebensphilosophie, so doch in bezug auf die wirklichen Umstände, die wir in unserer Umwelt geschaffen haben – können wir neue Gefahren ruhig unbeachtet lassen, wie sie in unserer Generation in Verbindung mit der Bevölkerungsexplosion, der Atombombe, dem Bestehen einer hoch entwickelten Medizin und dergleichen entstanden sind. Trotzdem müssen wir im Lauf der Zeit unsere alte Anschauung überprüfen, und eine neue und revidierte wird diese Erscheinungen berücksichtigen müssen. Homöostase – ob für das Individuum oder die Art – ist etwas, dessen Grundlage früher oder später von neuem erwogen werden muss. Dies bedeutet z. B., wie ich in einem Artikel für Voprosy Filosofii in Moskau [10] erklärt habe, dass, obwohl die Wissenschaft für die Homöostase der Gemeinschaft einen wichtigen Beitrag bedeutet, dies jedoch ein Beitrag ist, dessen Grundlage etwa in jeder Generation von neuem eingeschätzt werden muss. Lassen Sie mich an dieser Stelle bemerken, dass sowohl die östliche wie auch die westliche Homöostase der Gegenwart dem Vorsatz unterliegen, die Begriffe eines schon längst vergangenen Zeitabschnitts permanent zu fixieren.

<sup>10</sup> Wiener, N., »Die Wissenschaft und die Gemeinschaft«, Voprosy Filosofii, Nr. 7 (1961).

Marx lebte in der Mitte der ersten industriellen Revolution, und wir stehen heute mitten in der zweiten. Adam Smith gehört einer noch früheren und noch überholteren Phase der ersten industriellen Revolution an. Eine dauerhafte Homöostase der Gesellschaft kann weder aufgebaut werden auf der starren Voraussetzung eines dauernden Fortbestandes des Marxismus noch auf einer ähnlichen Voraussetzung, die einen standardisierten Begriff des freien Unternehmens und der Profitwirtschaft betrifft. Es ist nicht so sehr die Art der Starrheit, die besonders tödlich ist, sondern vor allem die Starrheit selbst, welcher Natur sie auch sein mag.

Es schien mir wichtig, in dem Artikel etwas zu sagen, das die homöostatische Funktion der Wissenschaft ausdrücklich betonen und gleichzeitig gegen die Starre der sozialen Anwendung der Wissenschaft sowohl in Russland und auch anderswo protestieren würde. Als ich Voprosy Filosofii diesen Artikel zusandte, ahnte ich, dass er eine starke Reaktion auf meine Einstellung gegenüber der Starrheit auslösen würde. Tatsächlich wurde mein Aufsatz von einem beträchtlich längeren begleitet, der auf die Mängel meiner Behauptung von einem streng marxistischen Standpunkt aus hinwies. Ich hege keinerlei Zweifel darüber, dass, wäre die Originalfassung meines Aufsatzes zuerst hier erschienen, ich eine ähnliche und beinahe gleichwertige Reaktion vom Standpunkt unserer eigenen Vorurteile aus hätte erwarten können, die ebenfalls sehr groß sind, wenn sie auch weniger starr und formal ausgedrückt werden. Die These, die ich hier vertreten möchte, ist weder pro- noch antikomunistisch, sondern anti-starr. Deshalb gebe ich meinen Gedanken hier in einer Form Ausdruck, die nicht zu eng mit einer Abschätzung des Unterschiedes zwischen den Gefahren verbunden ist, die in diesen parallelen, aber entgegen gesetzten Versionen der Starre liegen. Die Moral, die ich betonen wollte, ist die, dass die Schwierigkeiten, eine wirklich homöostatische Regelung der Gesellschaft durchzusetzen, nicht dadurch zu überwinden sind, dass ein vorhandenes, nicht einmal ständig überprüftes Muster von einem gleichen und doch oppositionellen Muster der gleichen Art ersetzt wird.

Es sind jedoch neben der Übersetzungsmaschine und dem Damespielautomaten auch noch andere Lernautomaten vorhanden. Einige von diesen können auf vollkommen mechanische Weise programmiert werden, während andere, wie die Übersetzungsmaschine, das Eingreifen eines menschlichen Experten als Schiedsrichter benötigen. Es scheint mir, als würde die zweite Art die erstgenannte an Brauchbarkeit weit übertreffen. Bedenken Sie außerdem, dass es beim Atomkriegsspiel keine Experten gibt.

## Kapitel 7: *Gesellschaft und Kybernetik*

Wir haben die Aufgabe erfüllt, viele gültige Analogien zwischen gewissen religiösen Behauptungen und den durch die Kybernetik untersuchten Erscheinungen aufzuzeigen, und wir sind verhältnismäßig weit gegangen, um zu zeigen, wie kybernetische Ideen für die ethischen Fragen des Individuums anwendbar sein können. Es gibt ein weiteres Gebiet, auf dem sich kybernetische Ideen auf Fragen ethischer Natur anwenden lassen: die Kybernetik der Gesellschaft und der Art.

Solange ich mich schon für Kybernetik interessiere, weiß ich, dass die Überlegungen hinsichtlich Steuerung und Kommunikation, welche ich in Technik und Physiologie anwendbar fand, ebenso anwendbar sind auf Soziologie und Volkswirtschaft. Ich habe mich jedoch absichtlich davon zurückgehalten, diese Gebiete ebenso stark wie die übrigen zu betonen, und hier sind meine Gründe für diesen Entschluss: Die Kybernetik bedeutet nichts, wenn sie nicht mathematisch ist, wenn nicht *in esse*, dann *in posse*. Ich habe festgestellt, dass die mathematische Soziologie und die mathematische Wirtschaftslehre oder Ökonometrie unter einem Missverständnis leiden hinsichtlich der korrekten Anwendung der Mathematik in den Sozialwissenschaften und hinsichtlich dessen, was sie von mathematischen Methoden erwarten. Ich habe absichtlich vermieden, Ratschläge zu geben, denn ich war überzeugt, dass das mit Sicherheit zu einer Fülle oberflächlicher und schlecht durchdachter Arbeiten führen würde.

Die mathematische Physik hat sich als einer der großen Triumphe der Neuzeit erwiesen. Erst während dieses Jahrhunderts jedoch ist die Aufgabe des mathematischen Physikers richtig verstan-

den worden, ganz besonders in ihrer Beziehung zur Aufgabe des Experimental-Physikers. Bis zu den kritischen Jahren 1900-1905 wurde allgemein angenommen, dass das Hauptrepertoire von Ideen in der mathematischen Physik mit der Arbeit Newtons vollendet war, dass Zeit und Raum, Masse und Moment, Kraft und Energie Begriffe seien, die ein für allemal begründet waren, und dass die Zukunftsaufgabe der Physik darin bestehen würde, nach den Bedingungen dieser Begriffe Modelle zu bauen für Phänomene, die bisher noch nicht auf diese Vorstellungen zurückgeführt worden waren.

Durch die Arbeiten Plancks und Einsteins wurde es klar, dass die Aufgabe des Physikers nicht so einfach war. Man erkannte, dass die Kategorien der Physik doch nicht ein für allemal am Anfang des achtzehnten Jahrhunderts aufgestellt worden waren, und so muss die Aufgabe des Physikers nun vor die Newtonschen Begriffe zurückverlegt werden, um unsere quantitativen Beobachtungen von der Welt in eine Ordnung zu bringen, die mit den Experimenten selbst beginnen und mit neuen Voraussagen von Beobachtungen und angewandten Ingenieurtechniken enden sollte. Der Beobachter hat aufgehört, unbeteiligter Registrar seiner objektiven Beobachtungen zu sein, er hat hingegen begonnen, sich aktiv am Experiment zu beteiligen. Sowohl in der Relativitäts- als auch in der Quantentheorie darf seine Rolle beim Modifizieren der Beobachtungen durchaus nicht als unbedeutend angesehen werden. Das hat zur Geburt des logischen Positivismus unserer heutigen Zeit geführt.

Der Erfolg der mathematischen Physik weckte beim Sozialwissenschaftler eine gewisse Eifersucht auf ihre Macht, ohne dass er die Geisteshaltung recht verstehen konnte, die zu diesem Einfluss beigetragen hatte. Die Anwendung mathematischer Formeln hatte die Entwicklung der Naturwissenschaften begleitet und war in der Sozialwissenschaft Mode geworden. Gerade wie die primitiven Völker die westlichen Gepflogenheiten denationalisierter Kleidung und des Parlamentarismus übernehmen aus einem unklaren Gefühl heraus, dass diese magischen Riten und Bekleidungen sie auf die Höhe moderner Kultur und Technik erheben werden, so haben die Volkswirtschaftler die Gewohnheit entwickelt, ihre ziemlich unpräzisen Ideen in die Sprache der Infinitesimalrechnung zu hüllen.

Hierbei weisen sie kaum mehr Unterscheidungsvermögen auf als die Eingeborenen des Kongo bei der Ausübung ihrer neuen Riten. Die von den Volkswirtschaftlern angewandte Mathematik und die mathematische Physik, die sie als Modell benutzen, sind die Mathematik und die mathematische Physik von 1850. Ein Ökonometriker entwickelt gewöhnlich eine vollendete und geistreiche Theorie über Angebot und Nachfrage, Inventar und Arbeitslosigkeit und dergleichen, wobei ihm die Methoden, mit deren Hilfe diese schwer fassbaren Größen beobachtet oder gemessen werden, ziemlich oder gänzlich gleichgültig sind. Ihre quantitativen Theorien werden mit demselben unbestrittenen Respekt behandelt, den die Physiker einer weniger aufgeklärten Zeit den Begriffen der Newtonschen Physik entgegenbrachten. Sehr wenige Volkswirtschaftler sind sich dessen bewusst, dass, wenn sie das Verfahren der modernen Physik und nicht ihre bloße Erscheinung nachahmen wollen, eine mathematische Ökonomie beginnen muss mit einer kritischen Einschätzung dieser quantitativen Begriffe und der Mittel, die angewandt werden, um sie zu sammeln und zu messen.

So schwierig es auch ist, gute physikalische Daten zu sammeln, noch schwieriger ist es, lange Reihen ökonomischer oder sozialer Daten so zusammenzustellen, dass die Reihe im ganzen eine einheitliche Bedeutung hat. Die Daten der Stahlproduktion z.B. ändern ihre Bedeutung nicht nur mit jeder Erfindung, die das Verfahren des Stahlherstellers verändert, sondern mit jeder sozialen und wirtschaftlichen Veränderung, die sich auf das Geschäftsleben und die Industrie im allgemeinen auswirkt, besonders mit jedem Verfahren, das die Nachfrage nach Stahl oder aber das Angebot und die Art konkurrierender Materialien verändert. Zum Beispiel wird es schon dem ersten Wolkenkratzer, der aus Aluminium anstatt aus Stahl gebaut ist, gelingen, auf die gesamte zukünftige Nachfrage nach Baustahl einzuwirken, wie auch das erste mit Dieselmotoren betriebene Schiff die niemals bezweifelte Vorherrschaft des Dampfschiffes beeinflusste.

Folglich ist das Wirtschaftsspiel ein Spiel, dessen Spielregeln wichtigen Revisionen, sagen wir etwa alle 10 Jahre, unterworfen sind, und es besitzt eine unangenehme Ähnlichkeit mit dem Krockettspiel

der Königin in *Alice im Wunderland*, das ich bereits erwähnt habe. Unter diesen Umständen ist es hoffnungslos, ein genaues Maß der Größen anzugeben, die in ihm vorkommen. Es ist weder nützlich noch ehrlich, den Anschein zu erwecken, dass solche, im wesentlichen vage Größen exakte Werte seien, und jeder Anspruch, präzise Formeln auf diese dürftig definierten Größen anzuwenden, ist ein Betrug und eine Zeitverschwendung.

Hierfür ist eine neuere Arbeit Mandelbrots sehr zutreffend. Er hat gezeigt, dass die Empfindlichkeit, mit welcher der Warenmarkt sowohl theoretisch wie auch praktisch auf zufällige Schwankungen reagiert, die bei der intensiven Betrachtung seiner Unregelmäßigkeiten sichtbar werden, viel weiter und tiefer geht als bisher vermutet wurde, und dass die üblichen, kontinuierlichen Annäherungen an die Dynamik des Marktes entweder viel vorsichtiger getroffen werden müssen als es gewöhnlich der Fall war, oder aber unterbleiben sollten.

Die Sozialwissenschaften sind also kein guter Exerzierplatz für die Ideen der Kybernetik – weitaus ungeeigneter als die biologischen Wissenschaften, in denen die Daten unter Bedingungen gesammelt werden können, die, vom Standpunkt ihrer eigenen Zeitskala aus betrachtet, viel gleichförmiger sind. Denn der Mensch hat sich in seiner physiologischen Struktur, im Gegensatz zur Gesellschaft als Ganzes, seit der Steinzeit sehr wenig verändert, und das Leben eines Individuums umfasst viele Jahre, in denen sich die physiologischen Bedingungen im ganzen langsam und voraussagbar

ändern. Das bedeutet indessen nicht, dass kybernetische Ideen auf die Soziologie und Ökonomie nicht anwendbar wären. Es bedeutet vielmehr, dass diese Ideen, bevor sie auf einem so formlosen Gebiet angewandt werden, in der Technik und in der Biologie geprüft werden sollten.

Wenn diese Vorsichtsmaßnahmen beachtet werden, dann ist die bekannte Analogie des Staatskörpers zum Körper des Individuums gerechtfertigt und brauchbar. Gerade auf den Staatskörper müssen sich viele ethische Überlegungen beziehen und damit auch auf den Teil der Religion, der im wesentlichen eine Paraphrase der Ethik darstellt.

## Kapitel 8: »GOTT & GOLEM, INC.«

Ich habe eine Reihe von Essays dargeboten, die dadurch verbunden sind, dass sie das ganze Thema schöpferischer Betätigung – von Gott bis zur Maschine – unter dem gleichen Gesichtspunkt betrachten. Die Maschine ist, wie ich bereits gesagt habe, dabei das moderne Gegenstück zum Golem des Rabbiners von Prag. Da ich darauf bestanden habe, die schöpferische Aktivität unter einem einzigen Titel zu diskutieren und nicht getrennt nach den Gebieten, die Gott, den Menschen und die Maschine betreffen, glaube ich nicht, dass ich mir mehr herausgenommen habe als die normale Freiheit eines Schriftstellers, wenn ich diesem Buch den Titel gebe:

»Gott & Golem, Inc.«



The text was originally edited and rendered into PDF file for the e-journal <www.vordenker.de> by E. von Goldammer

*This material may be freely copied and reused, provided the author and sources are cited*

**Zitiervorschlag:** Norbert Wiener, *God & Golem, Inc.*, in: www.vordenker.de (Edition Sommer 2013, J. Paul, Hg.) – Erstveröffentlichung: MIT Press, 1964 – deutsche Version: Econ Verlag, Düsseldorf, 1965.