

Manfred Eigen
Vorrede zur deutschen Ausgabe

von

Jacques Monod
Zufall und Notwendigkeit
Philosophische Fragen der modernen Biologie

Jacques Monods ›*Le hasard et la necessite*‹ - »mag es sich als der Wahrheit letzter Schluß erweisen oder nicht - muß zweifellos aufgrund seiner Breite, Tragweite und Gründlichkeit als ein bedeutsames Ereignis in der Welt der Philosophie betrachtet werden«.

Dieser Satz, in dem lediglich der Name des Autors und der Titel seines Werkes geändert wurden, ist ein Zitat aus Bertrand Russells Vorrede zur englischen Übersetzung von Ludwig Wittgensteins ›*Tractatus Logico-Philosophicus*‹¹. Ein Vergleich beider Werke drängt sich dem Leser auf. Hier wie dort werden *grundlegende* Fragestellungen der Philosophie in der Reflexion mathematisch-naturwissenschaftlichen Denkens behandelt. Beide Autoren glauben »die Probleme im wesentlichen *endgültig* gelöst zu haben«, und in beiden Fällen scheint die Lösung nicht zuletzt darin zu bestehen: »gezeigt (zu haben), wie wenig damit getan ist, daß diese Probleme gelöst sind«. Daß schließlich noch beide Werke bei ihrer Übersetzung in der Weise kommentiert werden, daß zwar die geäußerte Wahrheit nicht angetastet, wohl aber die Endgültigkeit der Schlußfolgerungen eingeschränkt wird, scheint mir nicht nur Zufall, sondern auch Notwendigkeit zu sein.

Die »Wahrheit« hat ihre Grenzen in unserer Reflexion. Andererseits muß die »Erkenntnis« gewissen Kriterien unterliegen, Kriterien der Objektivität. Für den Biologen Monod gilt dies vor allem, wenn wir das Phänomen der Evolution des Lebens betrachten, dessen Produkt wir selber sind. Aber wie können wir »objektiv« sein, wenn wir »uns selber« betrachten? Hier sieht Monod den Ursprung des Dilemmas: »In drei Jahrhunderten hat die durch das Objektivitätspostulat begründete Wissenschaft ihren Platz in der Gesellschaft erobert: in der Praxis wohl gemerkt, aber *nicht im Geiste der Menschen*« (vgl. S. 149). *Objektiv* müssen wir heute erkennen, daß wir — wie jedes

¹ Das Originalzitat lautet: »Mr. Wittgenstein's Tractatus Logico-Philosophicus, whether or not it prove to give the ultimate truth on the matters with which it deals, certainly deserves by its breadth and scope and profundity to be considered an important event in the philosophical world« (Routledge and Kegan Paul Ltd., London 1922, Seite 7).

Lebewesen — zumindest unsere *individuelle* Existenz einer Kette von »konservierten« *Zufällen* verdanken. *Notwendige* nur der Mechanismus der makroskopischen Äußerung dieser »mikroskopischen« *Zufälle*. Aber: »Wir möchten, daß *wir notwendig sind*, daß *unsere Existenz unvermeidbar* und seit allen Zeiten beschlossen ist« (vgl. S. 54). So hat sich unsere Ideenwelt bis in unsere Tage der allein dem Objektivitätspostulat verhafteten naturwissenschaftlichen Erkenntnis verschlossen. »Von Platon bis Hegel und Marx bieten die großen philosophischen Systeme alle eine gesellschaftliche Ontogenese, die zugleich explikativer und normativer Natur ist« (vgl. S. 147). Mit anderen Worten: Sie setzen von vornherein voraus, was eigentlich erst - und hier muß man hinzusetzen »allenfalls« - als *Ergebnis* ihrer Überlegungen herauskommen dürfte. Monod prangert diesen inneren Widerspruch der - von ihm als »animistisch« bezeichneten - Theorien, Weltanschauungen und Religionen heftig an und erhebt beschwörend die Forderung, daß endlich »die Idee der objektiven Erkenntnis als der *einzigsten* Quelle authentischer Wahrheit *im Reiche der Ideen* erscheinen möge« (vgl. S. 148).

Ich habe in dieser kurzen Exegese des Monodschen Gedankenganges bewußt provokativere Formulierungen ausgelassen. Sie erst machen die ganze Brisanz dieses Werkes aus (die sich nicht zuletzt in der hohen Auflageziffer der französischen Originalausgabe widerspiegelt). Für mich liegt die besondere Überzeugungskraft in der hervorragenden Darstellung der naturwissenschaftlichen Grundlagen der Evolution »vom Molekül zum Menschen« und ihrer Gegenüberstellung der »Evolution der Ideen«, die ja ebenfalls in dem Anspruch gipfeln, den Menschen erklären zu können. Sie liegt in der Unbestechlichkeit der Argumentation, »nichts zu sagen, als was sich sagen läßt«, nur Sachverhalte anzuerkennen, die durch objektive Beobachtungen gesichert sind und sich in unser naturwissenschaftliches Gedankengebäude widerspruchsfrei einfügen, mithin auch nichts zu folgern, was sich nicht auf diese und nur auf diese Weise begründen ließe. Damit hebt sich Monods »Idee der objektiven Erkenntnis« deutlich von anderen Ideologien ab, etwa der »biologischen Philosophie« Teilhard de Chardins, in der - richtig beobachtete - biologische Tatsachen mit subjektiven, naturwissenschaftlich nicht begründbaren »Vorstellungen« verwoben sind. In dem Bestreben, derartigen - den Kriterien objektiver Erkenntnis nicht standhaltenden - »wissenschaftlichen« Begründungsversuchen philosophischer, gesellschaftlicher und religiöser Ideen (oder Ideologien) entgegenzuwirken, sieht sich

Monod gelegentlich genötigt, das von ihm selbst aufgestellte Objektivitätspostulat etwas zu strapazieren. Übertreibungen verfolgen immer einen Zweck, und man muß Monod zugute halten, daß er gegen tief eingewurzelte Vorurteile anzukämpfen hat. Daher möchte ich den Versuch unternehmen, solche Übertreibungen etwas zurechtzurücken und gewisse Formulierungen zu interpretieren.

Natürlich ist es der Begriff des »Zufalls«, an dem sich die Polemik am leichtesten

entzünden kann. Die Physik hat diesen Begriff längst akzeptiert. Ja, eine der grundlegenden physikalischen Theorien, die Quantenmechanik, basiert auf dem Begriff der Unbestimmtheit, mit der jedes elementare Ereignis behaftet ist. Eingeschränkt wird diese »Unschärfe« elementarer Ereignisse aber durch die große Zahl, mit der sie makroskopisch in Erscheinung treten. Diese Einschränkung geht so weit, daß für makroskopische Vorgänge im allgemeinen exakte Gesetzmäßigkeiten resultieren (z. B. die Gesetze der Thermodynamik oder der klassischen Mechanik und Elektrodynamik). Doch gibt es Ausnahmen, z. B. wenn der »unbestimmte« Elementarprozeß sich selber — etwa durch autokatalytische Verstärkung — zum makroskopischen Ereignis aufschaukelt. Dann nämlich muß die elementare Unschärfe sich auch makroskopisch »abbilden«. Genau das aber geschieht, wenn eine »vorteilhafte« Mutation sich durchsetzt, d. h. selektiert wird. Die makroskopische Abbildung solcher der Unbestimmtheit unterworfenen Elementarprozesse, mithin die individuelle Form aller — auch makroskopisch in Erscheinung tretenden - Lebewesen verdankt ihre Entstehung also dem *Zufall*. Diese Idee ist keineswegs neu, aber sie war solange bloße Hypothese - und damit für die Wissenschaft relativ wertlos -, solange sie sich nicht durch objektive Beobachtung der dem Verstärkungsmechanismus zugrunde liegenden Elementarprozesse eindeutig beweisen ließ.

Zur Aufklärung der molekularen Mechanismen der Vererbung sowie der Steuerung von Lebensvorgängen hat Jacques Monod selber bedeutende Beiträge geleistet. So ist seine Darstellung überlegen, pointiert und auf das Wesentliche gerichtet, dabei von bildhafter, manchmal auch allegorischer Anschaulichkeit - für den Übersetzer gewiß keine leichte Aufgabe.

Die ungeheure Vielfalt der Strukturen und Prozesse wird zwei Begriffen untergeordnet: der *Teleonomie* (der »apparativen« Organisation bzw. ihrer Leistungen) und der *Invarianz* (der den teleonomischen Strukturen zugrunde liegenden Information).

Repräsentiert werden beide Prinzipien durch die beiden Hauptklassen biologischer Makromoleküle: die Proteine als Träger teleonomischer Leistungen und die Nukleinsäuren als Speicher der (nahezu) invarianten Information. Die Proteine vermögen ihre vielfältigen Leistungen, wie Reaktionsvermittlung, Schaltung und Regelung, aufgrund ihres unübersehbaren strukturellen Reichtums zu vollbringen; die Nukleinsäuren andererseits verdanken ihre »konservierenden« Eigenschaften einem einfachen Ausschließlichkeitsprinzip ihrer Wechselwirkungen: der Komplementarität. Beide lassen sich in ihrem Verhältnis zueinander mit Exekutive und Legislative in einem Staatswesen vergleichen. Daß solche Strukturen sich überhaupt bilden konnten, hängt natürlich von gewissen physikalischen und chemischen Bedingungen ab, die - nach allem, was uns heute bekannt ist - in der Frühzeit unseres Planeten erfüllt waren. Daß diese Strukturen weiterhin sich zu immer höheren Organisationsformen entwickeln konnten, hängt einerseits von der teleonomischen Leistung der organisierten Protein-

Nukleinsäure-Systeme, andererseits aber von einer gewissen Unschärfe im Elementarprozeß der (nur nahezu) invarianten Reproduktion ab. Im molekularen Bereich ist die Genauigkeit der Informationsübermittlung allein durch Wechselwirkungsenergien bestimmt, die die »erkennende« Zuordnung stabilisieren. Sie wirken der Wärmebewegung entgegen, die versucht, in dem System einen Zustand maximaler »Unordnung« zu erzeugen. Ist aber diese stabilisierende Wechselwirkungsenergie zu hoch, so wird der Ablauf des Prozesses zu träge; die Bindungen werden zu »klebrig«. So muß ein Kompromiß geschlossen werden, der zur Folge hat, daß die Informationsübertragung niemals vollkommen präzise ist, ja daß laufend Fehlablesungen erfolgen. Diese Fehler oder Mutationen sind die einzige Möglichkeit, doch noch eine Veränderung des durch die selbstreproduzierende Invarianz der Legislative festgelegten teleonomischen Programms, also eine Evolution herbeizuführen. Die individuelle Ursache jedes einzelnen Schrittes dieser Evolution ist ein Übersetzungsfehler, eine »Störung« des normalen Ablaufs. Monod sagt sehr treffend: Das *ganze* Konzert der belebten Natur ist aus störenden Geräuschen hervorgegangen (vgl. S. 110).

Bis hinauf zu den hoch entwickelten Organisationsformen der zentralnervös gesteuerten Lebewesen findet man die strikte Aufgabenteilung zwischen Legislative und Exekutive sowie die Nichtumkehrbarkeit ihres Wechselspiels (die nur innerhalb jedes einzelnen Bereichs, z. B. in der Transkription der Information zwischen Speicher-(DNS)- und Boten-(RNS)-Form der Nukleinsäuren möglich ist. Aufgrund dieser Nichtumkehrbarkeit kann das teleonomische Programm, obwohl es Gegenstand der Mutation ist, selber zu seiner Veränderung nichts beitragen. Treffend ist wieder der bildhafte Vergleich für die zufällige Verknüpfung voneinander unabhängiger Ereignisfolgen (S. 107):

Ein Arzt wird zu einem neuerkrankten Patienten gerufen (1. Folge). Ein Dachdecker läßt bei seiner Arbeit einen Hammer fallen (2. Folge). Der Hammer trifft den Kopf des Arztes (Verknüpfung beider Folgen aufgrund zufälliger Koinzidenz).

Beide Folgen mögen in ihrem Einzelablauf weitgehend durch vorangehende Ereignisse determiniert sein. Wegen ihrer Unabhängigkeit voneinander ist jedoch die im Unfall zum Ausdruck kommende Verknüpfung eine rein »zufällige«. Ähnlich sind Entstehung einer Mutation und selektiver Vorteil (infolge veränderter Funktionen des teleonomischen Apparates) zwei voneinander unabhängige, auf verschiedenen Ebenen ablaufende Ereignisfolgen.

Hier wird aber auch die Begrenzung der Rolle des Zufalls in der Evolution sichtbar. Die zufällige Mutation ist einem Ausleseprozeß unterworfen, und dieser trifft keineswegs eine »willkürliche« Entscheidung. Der Selektion liegt vielmehr ein physikalisch klar formulierbares *Bewertungsprinzip* zugrunde. Wäre die Selektion reine Willkür, wäre das einzige Kriterium der Auswahl die *Tatsache* des Überlebens selbst,

so würde Darwins Selektionsprinzip — von ihm selbst formuliert als »survival of the fittest« - nur eine triviale Tautologie, nämlich »survival of the survivor« zum Ausdruck bringen. Leider ist Darwin oft in dieser Weise mißdeutet worden. Das Bewertungsprinzip der Selektion läßt sich für makroskopische Systeme ähnlich den Gesetzen der Thermodynamik formulieren. Der einzige formelle Unterschied besteht darin, daß an die Stelle der absoluten Extremalprinzipien der Thermodynamik »eingeschränkte« Optimalprinzipien treten. Diese lassen sich sogar mit Hilfe der Thermodynamik begründen, allerdings nicht unmittelbar mit den im Anhang dieses Buches erläuterten Sätzen der Gleichgewichtsthermodynamik, sondern mit analogen Stabilitätskriterien für stationäre irreversible Prozesse. Eines der Hauptmerkmale lebender Systeme ist nämlich, daß sie ständig Energie in einer zur Arbeitsleistung geeigneten Form aufnehmen und sich dadurch dem Abfall in den Gleichgewichtszustand, den Zustand maximaler Unordnung, entziehen. (Tatsächlich sind wohl auch diese Prinzipien der Nicht-Gleichgewichts-Thermodynamik gemeint, wenn etwa auf S.113f. - für den Physiker nicht ganz befriedigend - von der einen Zeitumkehr entsprechenden Entropieabnahme aufgrund gleichgerichteter »konservierter« Schwankungen die Rede ist.)

Wir sehen also, daß nur die Entstehung der individuellen Form dem Zufall unterworfen ist. Ihre Selektion - in Konkurrenz zu anderen Formen - jedoch bedeutet eine Einschränkung bzw. Reduzierung des Zufalls; denn sie erfolgt nach streng formulierbaren Kriterien, die im Einzelfall zwar - wie in der Thermodynamik — Schwankungen zulassen, in der großen Zahl aber Gesetz, also *Notwendigkeit* bedeuten. In dem oben angeführten Beispiel für die zufällige Koinzidenz unabhängiger Ereignisfolgen hatte ich - etwas abweichend von Monod - den Ausgang des Unfalls noch offengelassen. Für den Arzt (in diesem Beispiel) bedeutet er »alles oder nichts«, er besiegelt sein Schicksal. Sicherlich könnte man aufgrund empirischer Unterlagen die Wahrscheinlichkeit dafür ausrechnen, daß ein aus bestimmter Höhe fallender und den Kopf eines Menschen treffender Hammer eine tödliche Verletzung hervorruft. Eine derartige Wahrscheinlichkeitsrelation wäre für den Arzt als Individuum uninteressant, nicht dagegen für seine (oder des Dachdeckers) Versicherung, die daraus für eine bestimmte Unfallquote relativ genau ihr Risiko errechnen kann.

Was ich sagen will, ist, daß die »Notwendigkeit« gleichberechtigt neben den »Zufall« tritt, sobald für ein Ereignis eine Wahrscheinlichkeitsverteilung existiert und diese sich - wie in der Physik makroskopischer Systeme - durch *große Zahlen* beschreiben läßt. Der Titel dieses Buches bringt diese Gleichberechtigung eindeutig zum Ausdruck. Monod mußte aber den Zufall stärker betonen, da die »Notwendigkeit« ja ohnehin jedermann gern zu akzeptieren bereit ist. Das hat natürlich zu einer leichten Verzerrung des Bildes geführt, die sich auch in den Rezensionen der französischen Originalausgabe widerspiegelte, z. B. in der Überschrift: ›Der Mensch — ein

Betriebsunfall der Natur ?<

Sagen wir also noch einmal ganz deutlich: Allein aufgrund der durch Optimalprinzipien gekennzeichneten Selektionsgesetze konnten in der relativ kurzen Zeitspanne der Existenz unseres Planeten und unter den herrschenden physikalischen Bedingungen Systeme entstehen, die sich reproduzieren, einen dem Energie- bzw. Nahrungsangebot angepaßten Stoffwechsel entwickelten, Umweltreize aufnahmen und verarbeiteten und schließlich zu »denken« begannen. So sehr die individuelle Form ihren Ursprung dem Zufall verdankt, so sehr ist der Prozeß der Auslese und Evolution unabwendbare Notwendigkeit. Nicht mehr! Also keine geheimnisvolle inhärente »Vitaleigenschaft« der Materie, die schließlich auch noch den Gang der Geschichte bestimmen soll! Aber auch nicht weniger — nicht *nur* Zufall!

Damit verschwindet die tiefe Zäsur zwischen der unbelebten Welt und der Biosphäre, der Philosophie, Weltanschauung und Religion so große Bedeutung zugemessen haben. Die »Entstehung des Lebens«, also die Entwicklung vom Makromolekül zum Mikroorganismus, ist nur ein Schritt unter vielen, wie etwa der vom Elementarteilchen zum Atom, vom Atom zum Molekül, . . . oder auch der vom Einzeller zum Organverband und schließlich zum Zentralnervensystem des Menschen. Warum sollten wir gerade diesen Schritt vom Molekül zum Einzeller mit größerer Ehrfurcht betrachten als irgendeinen der anderen? Die Molekularbiologie hat dem Jahrhunderte aufrecht erhaltenen Schöpfungsmystizismus ein Ende gesetzt, sie hat vollendet, was Galilei begann. Wenn wir schon eine Begründung unserer Ideen finden wollen, so sollten wir diese in der letzten Stufe, nämlich beim Zentralnervensystem des Menschen, suchen, denn hier ist der Ursprung aller Ideen, auch der von der göttlichen Durchdringung unseres Seins.

An dieser Stelle muß wiederum ein Endgültigkeitseinwand gemacht werden. Monod legt in Kapitel VIII und IX überzeugend dar, daß es keine Veranlassung gibt, auf dieser Stufe doch noch die bereits ad absurdum geführte vitalistische oder animistische Auffassung wieder zum Leben zu erwecken. Aber wir müssen andererseits auch — objektiv — zugeben, daß wir sehr viel mehr wissen müßten, um hier eine wesentlich weitergehende Aussage machen zu können. Wir haben gesehen, in welcher Weise die Rolle des Zufalls durch das »Sieb« der Selektion eingeschränkt wurde. Die Evolution der Ideen, die sich in unseren Gehirnen vollzieht, mag komplizierteren - objektiv noch nicht vollständig erkannten - Einschränkungsbedingungen unterworfen sein. So bleibt uns im Augenblick nur die ständige geistige Auseinandersetzung mit den von uns akzeptierten Ideen weltanschaulicher oder religiöser Art *anhand der Kriterien objektiver Erkenntnis*. Mir schaudert aber bei dem Gedanken einer Dogmatisierung des Objektivitätspostulats, die über die Forderung nach ständiger geistiger Auseinandersetzung hinausgeht. Barmherzigkeit und Nächstenliebe wären die ersten Opfer. Was wir zu tun haben, läßt Bertolt Brecht seinen Galilei treffend sagen:

»Ja, wir werden alles, alles noch einmal in Frage stellen. Und wir werden nicht mit Siebenmeilenstiefeln vorwärtsgehen, sondern im Schneckentempo. Und was wir heute finden, werden wir morgen von der Tafel streichen und erst wieder anschreiben, wenn wir es noch einmal gefunden haben. Und was wir zu finden wünschen, das werden wir, gefunden, mit besonderem Mißtrauen ansehen.« . . . »Sollte uns dann aber jede andere Annahme als diese unter den Händen zerronnen sein, dann keine Gnade mehr mit denen, die nicht geforscht haben und doch reden.«

Jacques Monod jedenfalls gehört zu denen, die geforscht haben.

August 1971

Manfred Eigen