

Johannes Haas SJ

Molekularbiologie und Lebensproblem

Zu Jacques Monods „Zufall und Notwendigkeit“

Von den zahlreichen Rätseln, die uns das organische Leben aufgibt, kann man eine Frage als das Lebensproblem kennzeichnen, nämlich die: Was ist es eigentlich? Welches ist seine tiefste Eigenart, sein Wesen und Werden? Diese Frage ist nicht neu, sondern wahrscheinlich so alt wie die Betrachtung des lebendigen Kosmos. Wir können Ansätze zu ihrer Beantwortung bei allen Versuchen vergangener Jahrhunderte finden, sich über die Welt in ihrer Gesamtheit klar zu werden. Das Lebensproblem beansprucht auch nicht ein rein akademisches Interesse, sondern geht alle an; denn der Mensch fühlt sich ja dem lebenden Kosmos zugehörig, weshalb die Lösung dieses Problems zum Selbstverständnis des Menschen gehört.

Das Lebensproblem in diesem Sinn hat bisher keine von allen Denkern angenommene Lösung gefunden, weshalb es im Verlauf der Jahrhunderte immer wieder aufgegriffen wurde. Zu seiner Lösung reicht die jedem Menschen geläufige Kenntnis der Lebewesen nicht aus, es wird ein tiefergehendes, wissenschaftlich begründetes Wissen um das Lebendige erfordert. So beobachten wir denn, daß, wenn immer die Biologie einen entscheidenden Schritt nach vorn getan hat, der menschliche Geist versucht, das Lebensproblem neu zu lösen. So hat beispielsweise Hans Driesch zu Beginn unseres Jahrhunderts im Lichte der eben am Tierkeim gewonnenen entwicklungsphysiologischen Erkenntnisse das Lebensproblem neu aufgeworfen und mit seinen Schriften die zeitgenössische Biologie jahrzehntelang in Atem gehalten. In einer ähnlichen Situation befinden wir uns gegenwärtig in bezug auf die Molekularbiologie. So wird es niemanden wundern, daß im Licht ihrer tiefgreifenden Erkenntnisse die Frage nach Wesen und Werden der Lebewesen aufgegriffen wurde, so von *Jacques Monod*, einem der Väter dieser neuen Wissenschaft, dessen Arbeiten und Impulsen sie viel von ihrem Aufschwung verdankt¹. Zusammen mit André Lwoff und François Jacob wurde ihm im Jahr 1965 der Nobel-Preis für Medizin zuerkannt.

Ergebnisse der Molekularbiologie

Diese neue Wissenschaft ist zum allergrößten Teil an Viren, Bakteriophagen und Bakterien erarbeitet worden. Da den meisten Lesern diese Objekte nur wenig vertraut

¹ Jacques Monod, Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. München: Piper 1971.

sind, muß man nach einem Weg suchen, ihre Ergebnisse in einen vertrauteren Rahmen zu stellen. Die an Bakterien und Viren erarbeiteten Einsichten gelten auch für die kernhaltigen Zellen, deren Biologie den meisten Lesern vertraut sein dürfte. Alles organische Leben ist an die Zelle gebunden, es vollzieht sich in Zellfunktionen, die auf eine große Anzahl biochemischer Reaktionen an organischen Verbindungen zurückzuführen sind. Die meisten können bei den in der Zelle herrschenden Bedingungen von Druck, Temperatur und Säuregrad (pH) nur dann ablaufen, wenn sie von den Enzymen (Fermenten) der Zelle katalysiert werden. Die Enzyme sind fast ausschließlich Proteine, für jeden Reaktionstyp gibt es jeweils einen besonderen Enzymtyp. Da nun in jeder Zelle sehr viele unterschiedliche Reaktionstypen ablaufen, enthält jede Zelle auch zahlreiche, manchmal tausende, Enzyme.

Damit ein Enzym eine bestimmte biochemische Reaktion katalysieren kann, muß es einen bestimmten Bau haben. Proteine sind aufgebaut aus Aminosäuren, von denen die Natur zwanzig verschiedene Sorten zum Bau von Eiweißkörpern heranzieht. Bei ihrer Synthese werden die Aminosäuren kovalent zu langen, kettenartigen Gebilden, den Polypeptidfäden, zusammengebaut. Die meisten Enzyme bestehen aus vielen, meist mehr als hundert, Aminosäuren. Je nachdem, welche Aminosäure-Sorten bei der Synthese eines Proteintyps Verwendung finden, und je nachdem, in welcher Reihenfolge die Aminosäuren im Polypeptidfaden liegen, entstehen jeweils andere Proteintypen mit unterschiedlichen enzymatischen Fähigkeiten. Man spricht von der Primärstruktur eines Proteins.

Jede Zelle synthetisiert ihre Enzyme selbst. Die Baumuster für die Synthese der Proteine sind in den Chromosomen des Zellkerns, genauer in der Desoxyribonukleinsäure (DNS) enthalten. Die DNS-Molekeln sind ebenfalls kettenartige Gebilde, in denen viele tausend kleinmolekularer Verbindungen, die Nukleotide, zusammengebaut sind. Von den Nukleotiden gibt es vier verschiedene Sorten, deshalb besteht die Möglichkeit ihrer unterschiedlichen Anordnung und damit der Informationsspeicherung. Die Reihenfolge der Aminosäuren in den Polypeptidfäden der Proteine ist enthalten in der Reihenfolge der Nukleotide in der DNS. Nach einem bestimmten Schlüssel legen jeweils drei Nukleotide eine bestimmte Aminosäure fest. Diesen Schlüssel nennt man den genetischen Code, dessen Entzifferung der Molekularbiologie einen der höchsten Triumphe brachte. Die eine Reihenfolge muß aber in die andere „übersetzt“ werden. Das geschieht in der Weise, daß an den Nukleotidfolgen der DNS nach dem Prinzip der Komplementarität die Boten-Ribonukleinsäure (RNS) synthetisiert wird, die die Information zu den Ribosomen, winzigen im Zellkörper liegenden Gebilden „bringt“, wo, mit Hilfe eines weiteren RNS-Typs, der Transfer-RNS, und zahlreicher Enzyme die Polypeptidfäden synthetisiert werden.

Die DNS selbst ist zur Replikation befähigt, das heißt, sie kann weitere DNS-Molekeln mit dem gleichen Informationsgehalt synthetisieren, wie sie ihn selbst besitzt. Zu dieser Information gehören die Baumuster aller Proteine, die für jede einzelne biologische Art charakteristisch sind; ferner alle zur Proteinsynthese benötigten Boten-

Transfer- und Ribosomen-RNS. Diese Informationen zusammengekommen bilden das genetische Erbe oder Genom einer Organismenart. Ermöglicht wird die Replikationsfähigkeit der DNS durch den Umstand, daß die DNS-Molekeln aus zwei zueinander komplementären Strängen bestehen, deren jeder den anderen nach einem auf dem Prinzip der Komplementarität bestehenden Mechanismus reproduzieren kann.

Das Lebensproblem bei Monod

Wir haben es formuliert als die Frage nach Wesen und Werden des organischen Lebens. Das Wissen darüber ist uns nicht in einer intuitiven Wesensschau gegeben, sondern muß aus der Erscheinungsweise der Lebewesen, das heißt aus der Art und Weise, wie sie sich unserer Erfahrung darbieten, erarbeitet werden. Zu diesem Zweck brauchen wir eine Phänomenologie des Organischen (von Phänomenon, griech., = Erscheinung), das heißt, wir müssen alle jene Merkmale aufsuchen, die wir in allen Organismen finden und an denen wir sie als Lebewesen erkennen und von nichtbelebten Gebilden unterscheiden. Nach Monod sind Lebewesen mit einem Plan ausgestattete Objekte, den sie in ihrer Struktur darstellen und durch ihre Leistungen ausführen (17). Ihre Merkmale sind: Teleonomie, Selbstbestimmung und Fortpflanzungsfähigkeit („invariante Reproduktion“, 20). Sie sind chemische Maschinen (61), die zur Sicherung der Kohärenz ihrer Struktur und Leistung eines kybernetischen (Steuerungs-)Systems bedürfen. Diese Steuerung wird durch die Proteine besorgt, und zwar durch ihre katalytische Funktion, durch die sie den Stoffwechsel regulieren (65); durch ihre Regelungsfunktion als allosterische Enzyme, durch die sie die funktionale Kohärenz des intrazellulären chemischen Ablaufs sichern (81 f.); und durch ihre Aufbaufunktion, durch die sie makroskopische Gebilde, wie Zellen, Gewebe und Organe aufbauen (105 f.). Die Grundlage für das Steuerungsvermögen der Proteine ist ihr stereospezifisches chemisches Erkennungsvermögen, dessen „Geheimnis“ in ihrer Struktur, letztlich in ihrer Primärstruktur gründet. Diese ist „zufällig“ (121), das heißt, es gibt keine Regel, nach der eine bestimmte Aminosäure eine bestimmte andere fordert. Die Primärstruktur der Proteine hat sich aus einem „völlig blinden Spiel“ (122) ergeben, ebenso auch Ursprung und Evolution der gesamten Biosphäre.

Ihre Invarianz, das heißt die Planmäßigkeit ihrer Struktur und Leistung, bewahren die Arten durch ihre DNS und den Mechanismus ihrer Replikation (133), in ihr gründet auch die Information für die Primärstruktur der Proteine eines jeden Lebewesens. Das ganze System ist total konservativ und scheint sich jeder Evolution zu widersetzen (139). Der Mechanismus ist aber als Mikrosystem anfällig für Störungen – Mutationen –, die dem Zufall unterliegen und keine Beziehung zu den Auswirkungen haben, die sie in der teleonomen Funktion der Proteine ausüben können. Der Zufall liegt also jeglicher Schöpfung in der belebten Natur zugrunde, das ist die einzig mögliche Hypothese (142). Sind die Störungen einmal in die DNS-Struktur eingegangen,

so werden sie getreulich verdoppelt und in Proteine mit neuen Primärstrukturen übersetzt. An den Produkten des Zufalls arbeitet die Selektion (149), vor allem im Bereich des Zellstoffwechsels. Damit erfahren die bekannten Prinzipien Darwins ihre molekularbiologische Begründung. Durch diesen Mechanismus erfolgte auch die Entstehung der ersten Lebewesen und ihre Evolution, auch die des am meisten teleonom Systems, des menschlichen Nervensystems (179 f.). Ganz rätselhaft ist die Entstehung des genetischen Codes (176) und seine Universalität (177). Die apriori-Wahrscheinlichkeit für die Entstehung und Evolution des Lebens war fast gleich Null, ein Treffer innerhalb einer Milliarde (179).

Beurteilung der Konzeption Monods

Der Autor kommt zu der Schlußfolgerung, daß die unbegreiflich große Planmäßigkeit (Teleonomie) eines jeden individuellen Lebewesens und der ganzen Welt des Lebendigen ihr Sein und ihre Entstehung dem Zufall verdankt, das heißt mit anderen Worten, daß es dafür eine rationale Begründung nicht gibt. Der allgemeine Eindruck, den diese Konzeption von Wesen und Entstehung des Lebendigen macht, bestätigt das Wort Mauriacs: „Was dieser Professor sagt, ist noch viel unglaublicher als das, was wir armen Christen glauben“ (172). Sie erscheint als absurd, als einem denkenden Geist unerträglich und unannehmbar; denn Zufall bedeutet ja das Nichtbestehen einer rationalen Begründung und Erklärung. Zwar besteht für das Lebendige und seine Planmäßigkeit eine teilweise Begründung in den Gesetzen der materiellen Welt. Alle bisherigen materialistischen Konzeptionen des Lebendigen hatten nachzuweisen versucht, daß sich das Leben aus den Kräften und Gesetzen mit Notwendigkeit ergibt. Diese Notwendigkeit leugnet Monod entschieden (179). Nach ihm liegen in den Gesetzen der materiellen Welt die Möglichkeiten für die Einrichtungen des Lebendigen, vor allem für die Gegebenheiten, die die Molekularbiologie erforscht. Nun ist nach dem allgemeinen Kausalitätsprinzip für die Realisierung einer Möglichkeit eine Wirklichkeit erforderlich, die wir als Ursache bezeichnen. Monod leugnet die Existenz von Ursachen bei der Entstehung und Evolution des Lebendigen und leugnet damit implicite, daß das allgemeine Kausalitätsprinzip für die Biosphäre gilt. Das macht seine Konzeption für den denkenden Geist „absurd“.

Aufgrund welcher Voraussetzungen kommt Monod zu so absurden, unerträglichen Folgerungen? Die wichtigste muß in der stillschweigenden – übrigens von so gut wie allen Molekularbiologen – gemachten Annahme gesehen werden, daß die DNS die (einzige) Trägerin der immanenten Planmäßigkeit eines jeden Lebewesens ist. Daß diese Annahme nicht zutrifft, erkennt man schon daraus, daß die DNS mit der in ihr enthaltenen Information in eine viel umfassendere Planmäßigkeit eingebettet liegt, die unter anderen die Mechanismen der DNS-Replikation, der RNS-Synthese, der Protein-Synthese und des genetischen Codes enthält. Die einleuchtendste Ursache für

die Verwirklichung einer planmäßigen (teleonomen) Struktur und Leistung, wenn diese aufgrund der vorliegenden Bedingungen als im höchsten Maß unwahrscheinlich erscheinen, ist das Wirken eines intellektbegabten Wesens. In diesem Sinn spricht die so unvorstellbar kleine apriori-Wahrscheinlichkeit (199) bei der Entstehung und Evolution der Biosphäre für das Wirken eines Wesens mit höchster Intellektualität, welches man im herkömmlichen Sprachgebrauch als „Schöpfer“ bezeichnet.

Die Wesensstruktur der Lebewesen

Der entscheidende Grund dafür, daß die DNS einer Zelle, ja die ganze Zelle als materielles System, nicht der letzte Träger der immanenten Planmäßigkeit der Organismen sein kann, liegt in folgendem Sachverhalt: Die Keimesentwicklung und die Durchführung des Lebenslaufs eines Lebewesens ist eine ungemein komplizierte Leistung, wofür die Fähigkeit und der Drang dazu in der befruchteten Eizelle enthalten sind. Wäre das materielle Substrat der Keimzelle der einzige aktive Träger dieser Leistung, so müßte sie grundgelegt sein in einer der Komplexität dieser Leistung entsprechenden Struktur des entwicklungsfähigen Keims, die sich mit unseren empfindlichen Forschungsmethoden, vor allem mit dem Elektronenmikroskop nachweisen lassen müßte, was nicht der Fall ist. In der genetischen Substanz der Keimzelle gespeichert ist lediglich die Information für die Primärstruktur der Proteine und Ribonukleinsäuren, die bei der Proteinsynthese eine Rolle spielen. Von Informationen, die sich auf die Lebenspläne der Keimzelle beziehen, weiß die Molekularbiologie nichts. Dieses Schweigen kann nur in dem Sinn verstanden werden, daß derartige Informationen in der DNS des genetischen Systems nicht enthalten sind. Mit hoher Wahrscheinlichkeit *kann* die Erbsubstanz nicht einmal die Trägerin der Lebenspläne sein. Es fällt äußerst schwer, sich auszudenken, daß die übliche Entsprechung von Struktur und Leistung zwischen der Erbsubstanz und den ungezählten Merkmalen der Lebenspläne bestehen könnte. Wenn man sich diese Frage einmal stellt, sieht man sofort ein, daß sie mit den Methoden und Vorstellungen der Molekularbiologie nicht beantwortet werden kann. Es sieht so aus, als könne es überhaupt keine Möglichkeit einer solchen Entsprechung zwischen der molekularen Struktur der Erbsubstanz und den zahllosen Besonderheiten der Lebenspläne geben. Die in den Chromosomen enthaltene DNS wäre überfordert, wollte man sie zur Trägerin der Lebenspläne für die ungezählten Organismenformen machen, in deren Zellkernen sie die Rolle der Erbsubstanz spielt.

Da nun der für die Durchführung des Lebenslaufs eines jeden Organismus verantwortliche Lebensplan eines realen Trägers bedarf, um sich in der realen materiellen Welt auszuwirken, und da dieser Träger nicht die in den Chromosomen der Zellkerne enthaltene DNS sein kann, muß geschlossen werden, daß dieser Träger eine nichtmaterielle Wirklichkeit ist, die wir als den „Planträger“ (Nomophor) des Orga-

nismus bezeichnen wollen. Dieser Schluß zieht den weiteren nach sich, daß jedes Lebewesen seinsmäßig eine duale Konstitution besitzt, es „ist“ in der Vereinigung einer materiellen und nichtmateriellen Seinskomponente. Wie der Organismus selbst, so hat auch sein biologisches Erbe eine duale, aus zwei Komponenten bestehende Konstitution. Die eine Komponente besteht aus den Baumustern für die in den Zellen des Organismus enthaltenen Proteine, die als Enzyme und Strukturproteine eine entscheidende Rolle im Zellstoffwechsel spielen. Diese Baumuster sind in chiffrierter Form in der DNS der Erbsubstanz als genetische Information gespeichert, worüber die Molekularbiologie genau Auskunft gibt. Die enzymatisch katalysierten biochemischen Reaktionen sind aber nicht das Leben selbst, sondern das *Mittel* für die Verwirklichung von Leben. Diese Mittel unterliegen den Gesetzen der Physik und Chemie, die mit der strengen „Objektivität“ erforscht werden müssen, wie Monod zu betonen nicht müde wird. Organisches Leben im vollen Sinn ist die Durchführung eines Lebenslaufs als Verwirklichung eines Lebensplans. Der Lebensplan ist die zweite Komponente des biologischen Erbes, er wird von der nichtmateriellen Seinskomponente des Organismus, dem „Nomophor“, getragen. So spiegeln die beiden Komponenten des biologischen Erbes die zwei Komponenten im seinsmäßigen Bau der Lebewesen wider. Aus ihm folgt, daß alle von ihnen vollbrachten Leistungen, alle Lebenstätigkeiten, ebenfalls zusammengesetzt sind: Sie sind den Gesetzen des Materiellen gehorchendes materielles Geschehen und stehen zugleich unter dem Gesetz des Lebensplans. Es gelingt einfach nicht, was immer wieder versucht worden ist, die beiden Ursächlichkeiten auf eine einzige zurückzuführen.

Wenn also die Lebenspläne nicht von der Erbsubstanz der Zellen getragen werden, so ist auch nicht zu erwarten, daß sie durch Änderungen – Mutationen – der Erbsubstanz entstehen, wie das Monod zu zeigen versucht. Damit soll aber nicht geleugnet werden, daß die Molekularbiologie ein wichtiges Wort bei Evolutionsfragen mitzureden hat. Dieser kurze Hinweis muß hier genügen; offenbar muß man sich erst über das Sein des Lebendigen klarwerden, ehe man sein Werden aufhellen kann². Zu dieser vertieften Reflexion über Sein und Werden der Organismen führen die Ergebnisse der Molekularbiologie den nachdenklichen Biologen; darin besteht vielleicht ihr wichtigster Beitrag zu einer wissenschaftlich fundierten Weltanschauung.

² Vergl. Johannes Haas, *Sein und Leben. Ontologie des organischen Lebens* (Karlsruhe 1968); ferner diese Zschr. 172 (1963) 209 ff.