Klaus Fuchs-Kittowski

# Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie

Tatsachen und Hypothesen über das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus

**OCR-Texterkennung & und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig 18.04.2015**

## Geleitwort, September 2015

Natürlich freut sich ein Autor, wenn durch die Digitalisierung sein wissenschaftliches Werk eine weitere Verbreitung findet. Er muss sich aber fragen, ob dies bei der stürmischen Entwicklung der Molekularbiologie und der Bio-Kybernetik/Bio-Informatik auch sinnvoll ist. Denn einen Sinn hat es doch nur, wenn wenigstens einige Inhalte entweder von historischem Interesse sind oder sogar heute noch zur Diskussion stehen.

### 1. Revolution in der Biologie und das Problem des Determinismus

In der Mitte des vorangegangenen Jahrhunderts vollzog sich eine Revolution in der Biologie, indem es gelang, die komplexen biologischen Prozesse auf molekulare Strukturen und Prozesse zurückzuführen.

Dafür steht insbesondere die Entdeckung der DNA als Träger der genetischen Information durch Theodore Avery 1944; die Entdeckung der Basenpaarungsregel durch Erwin Chargaff 1950, die Erkenntnis, dass die Zusammensetzung der DNA variiert, dass die Menge der Base Adenin (A) derjenigen der Base Thymin (T) entsprach, ebenso wie die Menge der Base Cytosin (C), der der Menge Guanin (G); sowie die Aufklärung der räumlichen Struktur der DNA, die Beschreibung ihrer Doppel-Helix-Struktur, durch James Watson und Francis Crick 1953.

Für die hier vorliegende Arbeit wird die Entschlüsselung des genetischen Codes, durch Marshall W. Nirenberg, J. Heinrich Matthaei und Severo Ochoa **1961-1969** besonders wichtig. Es gelang ihnen der Nachweis des Triplett-Codes und dass der Code die Umsetzung der genetischen Information in Proteine bestimmt. Dies führte zu der im vorliegenden Buch aufgenommene Diskussion zum genetischen Determinismus und zur der Weiterentwicklung der Determinismuskonzeption generell, die auch heute noch geführt werden. Die Bearbeitung der Determinismusproblematik war insbesondere von Herbert Hörz in der Diskussion mit den Aspiranten am Lehrstuhl für philosophische Probleme der Naturwissenschaften an der Humboldt-Universität vorangetrieben worden. Seine Arbeiten[1,2] hatten daher besonderen Einfluss auf meine Darlegungen zu Problemen des Determinismus in Physik und Biologie.

Bei der Entwicklung der dialektischen Determinismuskonzeption wurde schon aufgrund des Gegenstandsbereiches – lebende Systeme – speziell Regulation des Zellstoffwechsels –, von mir einige neue, weiterführende Akzente gesetzt.[3] Eingedenk der Diskussionen mit Ernst Bloch[4] über den Materiebegriff[5] und gestützt auf die von Wladimir A. Fock[6] und Klaus Fuchs[7] vorgenommene Interpretation der Quantenphysik, habe ich die Potentialität der Materie, das Hervorbringen immer neuer Entwicklungsmöglichkeiten und darauf aufbauend eine

[1] Herbert Hörz: Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft. Berlin 1962.
[2] Herbert Hörz: Zum Verhältnis von Kausalität und Determinismus. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 11 (1963) 2.
[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Dialektische Determinismuskonzeption, Selbstorganisation und Evolution, in: Gerhard Banse, Siegfried Wollgast (Hrsg.): Philosophie und Wissenschaft in Vergangenheit und Gegenwart – Festschrift zum 70 Geburtstag von Herbert Hörz, Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Band 13, trafo verlag, Berlin 2003, S. 111-126.
[4] Ernst Bloch: Avicenna und die Aristotelische Linke. In: Ders.: Das Materialismusproblem, seine Geschichte und Substanz. Gesamtausgabe Bd. 7. Frankfurt am Main 1977, S. 479-576.
[5] Klaus Fuchs-Kittowski: Zur Methode der Modellierung und der Dialektik in den Wissenschaften. In: Doris Zeilinger (Hrsg.): Polyphone Dialektik. Vorschein Nr. 30, S. 203-224.
[6] Wladimir. A. Fock: Über die Interpretation der Quantenphysik. Referate der Allunionskonferenz der Akademie der Wissenschaften der UdSSR zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Moskau 1957. Als Manuskript gedruckt.
[7] Klaus Fuchs: Moderne Physik und marxistisch-leninistische Philosophie. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 13 (1965) Sonderheft.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

klare Unterscheidung zwischen dynamischen, statistischen und probabilistischen Gesetzen, stärker, als bis dahin üblich, betont. Wichtig war dabei auch die Herausarbeitung der positiven, aufbauenden Rolle des Zufalls in den Lebensprozessen gegenüber dem vorherrschenden Verständnis des Zufalls als Rauschen und damit als Störung.

*Es ist wohl einer der entscheidenden Grundgedanken des vorliegenden Buches, dass die Überwindung der klassischen Determinismuskonzeption, wie sie durch die moderne Quantenphysik erfolgt war, auch für die Biologie fruchtbar gemacht werden muss, wenn man eine nicht mechanistische und auch nicht dualistische Theorie der Biologie begründen will, die auch einer echten Entwicklungstheorie die Grundlage bietet. Es geht um eine echte Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen. Denn wo nur Notwendigkeit herrscht, kann nichts Neues in der Natur und somit auch keine Information entstehen. Dies hat große philosophische, erkenntnis-theoretisch-methodologische und auch weltanschauliche Bedeutung.*

## 2. Vertiefung marxistischen Denkens oder Häresie

Um das Neue im quantenphysikalischen Denken, die Erkenntnis der Potentialität der Materie, die Befreiung vom Zwang der Prä-Determination, die damit gegebenen Offenheit der Zukunft, wirklich zum Ausdruck bringen zu können, mussten die Philosophen insbesondere um begriffliche Klarheit ringen.

Die Konzeption fiel nicht vom Himmel, sondern musste schrittweise erarbeitet und durchgesetzt werden. Denn es wurde bald offensichtlich, dass viele, insbesondere in der Biologie, in den Technik- und Gesellschaftswissenschaften, von der Dialektik von Notwendigkeit und Zufall sprachen und doch noch auf dem Boden des klassischen Determinismus standen. Dies wurde dadurch erleichtert, bzw. vielen zunächst nicht deutlich, da auch schon Hegel von der Einheit von Notwendigkeit und Zufall gesprochen hatte, dabei jedoch letztlich allein die Notwendigkeit als wesentlich und den Zufall als unwesentliche Erscheinung ansah. Letztlich gibt es für Hegel nur die notwendige Entwicklung (zur absoluten Idee).

Verwiesen sei hier auf einen Philosophen wie Naturwissenschaftler orientierenden Grundgedanken von Friedrich Engels zur Dialektik: „... daß Ursache und Wirkung Vorstellungen sind, die nur in der Anwendung auf den einzelnen Fall als solche Gültigkeit haben, daß sie aber, sobald wir den einzelnen Fall in seinen allgemeinen Zusammenhang mit dem Weltganzen betrachten, zusammengehen, sich auflösen in der Anschauung der universellen Wechselwirkung, wo Ursache und Wirkungen fortwährend ihre Stelle wechseln, das was jetzt oder hier Wirkung, dort oder dann Ursache wird und umgekehrt.

All diese Vorgänge und Denkmethoden passen nicht in den Rahmen des metaphysischen Denkens hinein. Für die Dialektik dagegen, die die Dinge und ihre begrifflichen Abbilder wesentlich in ihrem Zusammenhang, ihrer Verkettung, ihrer Bewegung, ihrem Entstehn und Vergehn auffaßt, sind Vorgänge wie die obigen, ebensoviel Bestätigungen ihrer eignen Verfahrensweise. Die Natur ist die Probe auf die Dialektik, und wir müssen es der modernen Naturwissenschaft nachsagen, daß sie für diese Probe ein äußerst reichhaltiges, sich täglich häufendes Material geliefert und damit bewiesen hat, daß es in der Natur, in letzter Instanz, dialektisch und nicht metaphysisch hergeht.“ [1] „... daß sie sich nicht im ewigen Einerlei eines stets wiederholten Kreises bewegt, sondern eine wirkliche Geschichte durchmacht. Hier ist vor allem Darwin zu nennen, der der metaphysischen Naturauffassung den gewaltigsten Stoß versetzt hat…“[2]

[1] Friedrich Engels, Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft („Anti-Dühring“) Dietz Verlag Berlin, 1948, S. 25-26. [Marx/Engels, Werke, Band 20, S. 21 f.]
[2] Ebenda, S. 607/608. [Ebenda]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Aber auch für Friedrich Engels, der zweifellos das dialektische Denken entwickelt und speziell für die Naturwissenschaften fruchtbar gemacht hat, gibt es hier letztlich nur notwendige Entwicklung. Mit seinem berühmten „Erbsenbeispiel“ [1] verweist er zwar auf die Rolle der Zufälligkeit. Es wird der Zufall anerkannt, aber letztlich bleibt er doch auch für Friedrich Engels nur die Erscheinungsform des Wesens, des sich mit Notwendigkeit vollziehenden Naturprozesses. F. Engels kannte nur die klassische Statistik. Es geht bei der Dialektik nicht einfach nur um ein „vom Kopf auf die Füße“ stellen. Es muss vermerkt werden, dass Marx und Engels sich bei ihren Überlegungen nicht nur auf Hegel, sondern insbesondere auch auf Darwin stützten[2], so dass sie (gerade auch in der Naturdialektik) über die hegelsche Dialektik hinausgingen.

Der entscheidende Durchbruch in der Determinismusproblematik kam aber erst mit der Quantenphysik und wurde selbst dort nicht allgemein akzeptiert, wie dies in den berühmten Worten von A. Einstein gegenüber N. Bohr zum Ausdruck kommt: „Gott würfelt nicht“.

In anderen Wissenschaften, in der Biologie und besonders in den Gesellschaftswissenschaften wurden die Konsequenzen dieser Determinismuskonzeption noch weniger und nur schrittweise anerkannt.

Denn mit der hier entwickelten Determinismuskonzeption wird auch völlig klar, dass es ebenfalls für die Gesellschaftsentwicklung alternative Möglichkeiten gibt. Dass es auch für die Gesellschaftsentwicklung keinen festgelegten a priori-Plan gibt, sondern immer verschiedene Möglichkeiten, war für den verbreiteten Vulgärmarxismus am schwersten zu akzeptieren.

Am deutlichsten wurde dies für uns, als unsere Kritik an der Position von J. Monod vor und nach der Veröffentlichung in verschiedenen Redaktionen besprochen wurde und man jedes Mal dem Satz nicht zustimmen wollte: „es gibt keinen Sinn des Universums“.[3]

Es gibt keinen Sinn in der Natur, kein „Natursubjekt“, das nach einem vorgegebenen Plan ein bestimmtes Ziel realisiert und „schließlich auch noch den Gang der Geschichte bestimmen soll!“[4] Solche Vorstellungen sind als „animistische Projektion“[5], als teleologische Konzeption in Natur und Gesellschaft abzulehnen[6].

Der Widerstand gegen diese Thesen zeigt, dass J. Monod, der in seinem Buch „Zufall und Notwendigkeit“, den Marxismus als eine Form des Animismus darstellt, damit eine teleologische bzw. präformistische Entwicklungskonzeption unterstellt, durchaus einen wunden Punkt trifft: so Überreste eines Kreislaufdenkens bei F. Engels, nach dem die Entwicklung immer wieder einen Menschen mit Notwendigkeit hervorbringen würde. All dies zeigt, wie schwer es für die Vertreter des landläufigen bzw. dogmatisierten Dialektischen Materialismus war, eine dialektische Determinismuskonzeption, die Einbeziehung des Zufall in die Gesetzmäßigkeit, in die wesentlichen Zusammenhänge (probabilistische Gesetze) zu akzeptieren bzw. zu entscheiden, wie weit eine Anpassung an die Erkenntnisse der modernen Wissenschaften gehen konnte bzw. durfte[7]. Aber die erforderliche Vertiefung marxistischen Denkens, oder

[1] Engels, F. (1952): Dialektik der Natur, Dietz Verlag Berlin 1952, S. 233. [Ebende, S. 487.]
[2] ebenda S. 234. [Ebenda, S. 489.]
[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Samuel Mitja Rapoport, Hans A. Rosenthal und Georg Wintgen: Zur Dialektik von Notwendigkeit und Zufall in der Molekularbiologie. – In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin). 20 (1972) 4, S. 418-443. Klaus Fuchs-Kittowski, Samuel Mitja Rapoport, Hans A. Rosenthal und Georg Wintgen): Molekularbiologie, Dialektik und Weltanschauung. – In: Einheit (Berlin). (1972) 3, S. 350-359.
[4] Eigen, M., (1971): Vorrede zur deutschen Ausgabe von Manfred Eigen. In: Jaques Monod, Zufall und Notwendigkeit, R. Piper & Verlag, München 1971.
[5] Monod, J. Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie, München 1971.
[6] Fuchs-Kittowski, K. (1976): Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (2., erw. Auflage), 1976.
[7] Ich habe jetzt mit H. A. Rosenthal eine unsere Erinnerungen stärkende Diskussion über die Wirkungen, die unser Artikel über „Notwendigkeit und Zufall in der Biologie“ in verschiedenen Redaktionen von DDR-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

besser Wiedergewinnung der ursprünglichen Tiefe des Entwicklungsgedankens, war zumindest von den meisten Vertretern der Naturphilosophie eindeutig vollzogen worden.

### 3. Kybernetik und das Problem der Zweckmäßigkeit in der Natur

Das entscheidende philosophische Problem, zu dessen Lösung die Kybernetik von Beginn an beiträgt, ist das der Teleologie. Denn bekanntlich haben A. Rosenblueth, N. Wiener und J. Bigelow in ihrer gemeinsamen Arbeit: „Behavior, Purpose and Teleology“[1], schon vor dem Erscheinen des Buches: „Kybernetik“, zu diesem Problem Stellung genommen.

Der Gustav Fischer Verlag schickte mir verschiedenen Rezensionen meines Buches, speziell zur ersten Auflage, zu. Soweit ich mich erinnern kann, beschränkten sich die meisten auf eine kurze Inhaltsangabe. Doch wurde auch kritisiert, dass die Problematik der Teleologie nicht erschöpfend genug behandelt würde.

Unter Bezug auf die Ergebnisse des Cold Spring Habor Symposium on Qualitative Biology, Vol. XXVI 1961 habe ich den Begriff der Teleonomie[2] zur klaren Unterscheidung von der Teleologie eingeführt. Diese Unterscheidung ist dann auch in das Philosophische Wörterbuch[3] aufgenommen worden und fand weithin Anerkennung. Ich muss die Frage der erschöpfenden Behandlung der Teleologie der weiteren kritischen Diskussion überlassen und füge nur die außerordentlich weitsichtigen Überlegungen von I. Kant zu Problematik der Zweckmäßigkeit in der Natur sowie zur Teil-Ganzes-Dialektik hinzu.

Es geht also um ein Problem, über das bereits in der klassischen Deutschen Philosophie intensiv diskutiert wurde. Hier ist vor allem auf I. Kants Lösung des Problems des Naturzwecks hinzuweisen. I. Kant formulierte den Gedanken: „dass organisierte Wesen“ sich zu sich selbst „wechselseitig als Ursache und Wirkung verhalten“[4] und nennt dafür zwei Erfordernisse, nämlich erstens, dass „die Teile ihrem Dasein und der Form nach nur durch ihre Beziehung auf das Ganze möglich sind“[5] und daraus folgt zweitens, dass die Teile sich dadurch zur Einheit eines Ganzen verbinden, dass sie „voneinander wechselseitig Ursache und Wirkung sind“.[6] So kommt Kant zu dem Ergebnis: „In einem solchen Produkt der Natur wird ein jeder Teil, so wie er nur durch alle übrigen da ist, auch als um der anderen und des Ganzen willen existierend d. h. als Werkzeug (Organ) gedacht; (...) als ein die anderen Teile (folglich jeder den anderen wechselseitig) hervorbringendes Organ (...) nur dann und darum wird ein solches Produkt als organisiertes und sich selbst organisierendes Wesen, ein Naturzweck genannt werden können.“[7] Kant kommt auf diese Weise zu dem Begriff einer regulativ gebrauchten Idee der Zweckmäßigkeit. Er schreibt weiter: „Ein organisiertes Produkt der Natur ist das in welchem alles Zweck und wechselseitig auch Mittel ist. Nichts in ihm ist umsonst,

---

Zeitschriften hervorgerufen hatte. Es war ganz offensichtlich, dass einige Lektoren befürchteten, eine Anerkennung des Zufalls als gleichberechtigt mit der Notwendigkeit könnte am notwendigen Sieg des Sozialismus zweifeln lassen. Ich möchte H. A. Rosenthal nicht nur für die langjährige Zusammenarbeit und wichtigen Diskussionen zu all den uns interessierenden wissenschaftlichen Fragen danken, sondern insbesondere auch für die gemeinsam durchgestandenen Diskussion bei dieser weltanschaulichen und vordergründig politischen Konfrontationen, bei der in der Tat davon ausgegangen wurde, dass unsere Thesen nicht zu akzeptieren seien, da sie Grundlagen des Dialektischen Materialismus zerstören würden.

[1] A. Rosenblueth, N. Wiener und J. Bigelow: Behavior, Purpose and Teleology, Philosophy of Science. 10, 1 (1943).

[2] Klaus Fuchs-Kittowski, Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1976, S. 278 ff.

[3] Georg Klaus, Manfred Buhr, Philosophisches Wörterbuch, VEB Bibliographisches Institut Leipzig, 1974, S. 1218 f.

[4] I. Kant, Kritik der Urteilskraft. B 289 (§ 65).

[5] I. Kant, Kritik der Urteilskraft. B 291.

[6] I. Kant, Kritik der Urteilskraft. B 291 f.

[7] I. Kant, Kritik der Urteilskraft. B 291 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

zwecklos oder einem blinden Naturmechanismus zuzuschreiben“ – und das ist die „Maxime der Beurteilung der inneren Zweckmäßigkeit organisierter Wesen“[1].

## 4. Zum Verständnis des schöpferischen Werdens – Emergenz der Information

Ein Verständnis des schöpferischen Werdens, die Berücksichtigung der Kreativität von Natur und Mensch, hat die Überwindung der ontologischen Position der klassischen Physik und die ihr entsprechenden Positionen in der technischen Kybernetik bzw. Informatik zur Voraussetzung.

Entgegen den Vorstellungen des mechanischen Determinismus oder einer teleologischen Konzeption müssen wir also davon ausgehen, dass nicht schon alles prädeterminiert, informationell vorgegeben ist. Auch und gerade Information kann nicht als eine irgendwie vorgegebene Ordnung einer Struktur verstanden werden, sondern Erkennung auf der molekularen Ebene; Kognition durch den Menschen besteht in ihrem Kern in der Fähigkeit, Bedeutung und Sinn zu erzeugen. Auf der molekularen Ebene ist aber ein materielles System der endogenen Informationsvermehrung mit Gerichtetheit unbekannt und daher sehr unwahrscheinlich. Möglich sind Systeme einer „Zunahme von DNA“ mit folgender Selektion auf „Brauchbarkeit“ im Sinne moderner Entwicklungskonzeptionen.

In kritischer Auswertung der Arbeiten von Walter Elsasser wurde die Frage der Informationsentstehung, auf Drängen meines Doktorvaters Samuel M. Rapoport, schon in der ersten Auflage des Buches aufgeworfen. In der zweiten Auflage konnte die Problematik mit Hinweis auf die grundlegende Arbeit von Manfred Eigen zur Selbstorganisation der Makromoleküle, seiner molekular-darwinistischen Theorie der Lebensentstehung[2] und damit der Entstehung biologischer Information, wesentlich präzisiert werden.[3]

Heute kann verwiesen werden auf weitere Arbeiten von Manfred Eigen und Peter Schuster[4] und insbesondere auch auf die umfassende philosophische Auswertung dieser Arbeiten durch Bernd-Olaf Küppers[5], wie auch durch Wolfgang Stegmüller[6].

Die bis heute andauernde Diskussion zum Verständnis der Information zeigt jedoch, dass immer noch viele Fragen zur Entstehung, Erhaltung, Verarbeitung und Nutzung der Information offen sind. Vor allem setzte die Kybernetik I. Ordnung (im Sinne von Heinz von Foerster), wie auch die technische Informatik, Information immer schon voraus und fragte nicht nach ihrer Entstehung.[7, 8, 9] Mit der Diskussion der Problematik der Informationsvermehrung bzw. Emergenz der Information betraten wir Neuland auf dem Gebiet der Kybernetik und des Entwicklungsdenkens.

---

[1] I. Kant, Kritik der Urteilskraft. B 295 f.

[2] Manfred Eigen, Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules, Naturwissenschaften 56, 465-523, 1971.

[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans A. Rosenthal: Selbstorganisation und Evolution. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 22 (1972), 7, S. 308-313.

[4] Manfred Eigen, Peter Schuster. The hypercycle. A principle of self-organization. Part B : The abstract hypercycle, Naturwissenschaften 65, 7-41, 1978.

[5] Bernd-Olaf Küppers, Der Ursprung biologischer Information, Piper, München, 1986.

[6] Wolfgang Stegmüller, Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie, Band II, S. 413-460.

[7] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans A. Rosenthal: Selbstorganisation, Information und Evolution – Zur Kreativität der belebten Natur. – In: Information und Selbstorganisation: Annäherung an eine vereinheitlichte Theorie der Information. Hrsg. v. Norbert Frenzel, Wolfgang Hofkirchner und Gottfried Stockinger. Innsbruck-Wien: Studien Verlag 1998. S. 149-160.

[8] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans A. Rosenthal: Genetische Information ist mehr als ihre syntaktische Struktur, die DNA – Zum semiotisch orientierten Informationsverständnis in Biologie und Informatik. – In: Ethik und Sozialwissenschaften – Streitforum für Erwägungskultur (Opladen). 9 (1998) 1, S. 43-46.

[9] Klaus Fuchs-Kittowski, The Influence of Philosophy on the Understanding of Computing and Information, in, Ruth Hagengruber, Uwe V. Riss (Editors): Philosophy, Computing and Information Science, Pickering & Chatto, London 2014.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Beachtung fand die Problematik erst mit der Entwicklung der Kybernetik II. Ordnung (im Sinne von Heinz von Foerster), genauer erst mit der Entwicklung der Theorie der Selbstorganisation im Rahmen der Biophysik von I. Prigogine, M. Eigen und W. Ebeling sowie der Synergetik von Haken[1] und im Rahmen der Theorie der Autopoiesis von Varela und Maturana.

*Dies hat große philosophische und auch weltanschauliche Bedeutung*.

So wird z. B. durch Vertreter des Kreationismus die Aussage der Bibel: „Im Anfang stand das Wort [...] Alles ist durch das Wort geworden“[2] in die Aussage gedeutet: Am Anfang stand die Information (siehe z. B. Fußnote 3[3]). Aber auch eine Reihe von Wissenschaftlern, wie z. B. schon Konrad Zuse, für den mit seiner Idee: „Rechnender Raum“[4, 5], wie auch für den Physiker und Nobelpreisträger Gerard t'Hooft[6], die Welt letztlich ein digitaler Computer ist, sowie auch der Physiker und Einstein-Preis-Träger der American Physical Society Jacob Bekenstein[7], gehen heute davon aus, dass die Welt ihren Ursprung in der Information hatte. Wie gesagt, stellt die klassische Kybernetik und die Informatik, die ihren Gegenstand in der Informationsverarbeitung sieht, gar nicht erst die Frage nach der Entstehung der Information. Wenn Information schon von Beginn an da ist, braucht diese Frage auch nicht gestellt zu werden. Dem entschieden widersprechend, schreibt Werner Ebeling, von der materialistischen und dialektischen Position der meisten Naturwissenschaftler: „… die Mehrheit bleibt bei den Vorstellungen von Planck und Einstein, bis hin zu Kastler, Prigogine, Eigen und Haken, wonach der Welt eine Realität unabhängig von Information zukommt und Information in der Evolution durch Selbstorganisation entstanden ist. Wer davon überzeugt ist, dass Information nicht vom Anfang der Welt an da war, sondern durch Selbstorganisation erst entstanden ist [...] muss die konkrete Frage nach der Entstehung von Information [...] beantworten.[8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,] Ein weiterer Versuch, diese Frage zu beantworten, wurden im jüngerer Zeit von Wolfgang Hofkirchner vorgenommen. [15]

---

[1] Haken, H. (1988) Information and Self-Organization. Berlin; Heidelberg: Springer.
[2] Johanesevangelium 1, 1-3.
[3] John Lennox, Hat die Wissenschaft Gott begraben? Eine kritische Analyse moderner Denkvoraussetzungen, R. Brockhaus Verlag, Wuppertal 2002, S. 84 f.
[4] Konrad Zuse, Rechnender Raum, F. Vieweg u. Sohn, Braunschweig, 1969.
[5] Konrad Zuse, Rechneder Raum, J. H. Scharf (Hrsg.): Informatik, Nova acta Leopoldina, Band 37/1, Nummer 206, S. 129-137.
[6] Gerard t'Hooft, In search for the ultimate building blocks. Cambridge University Press, 1997.
[7] Jacob Bekstein, Information in the Holographic Universe. In: Scientific American. Band 289, Nr. 2, August 2003, S. 61.
[8] Werner Ebeling, Physik, Biologie, Technik und Selbstorganisation der Information, In: Fuchs-Kittowski, Frank/Kriesel, Werner (Hrsg.) Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski Frankfurt a. M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.
[9] Klaus Fuchs-Kittowski, Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie – Tatsachen und Hypothesen über das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus“ VEB Fischer Verlag Jena 1969/1976.
[10] Fuchs-Kittowski, K. (1998) Information und Biologie – eine neue Kategorie für eine Theorie der Biologie. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Berlin, Band 22, Jg. 1998, H. 2, S. 5-7.
[11] Klaus Fuchs-Kittowski, Samuel M. Rapoport, Hans-Alfred Rosenthal, Georg Wintgen: Zur Dialektik von Notwendigkeit und Zufall in der Molekularbiologie. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 20 (1972) 4, S. 418-443.
[12] Hermann Ley: Über die Schwierigkeiten des Einzelwissenschaftlers. Des Biologen Jacques Monod Kritik am historischen Materialismus und der Zwang zur Philosophie in den Naturwissenschaften. Berlin 1973.
[13] Ebeling, W./Feistel, R. (1994) Chaos und Kosmos. Prinzipien der Evolution. Spektrum. Heidelberg, Berlin, Oxford: Akademischer Verlag.
[14] Ebeling, W./Freund, J./Schweitzer, F. (1998) Komplexe Strukturen: Entropie und Information. Stuttgart: Teubner-Verlag.
[15] Wolfgang Hofkirchner, Emergent Information – A Unified Theory of Information Framework, World Scientific, London, 2013.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 5. Theorie der Biologie – Zum Verhältnis von Physik, Chemie und Biologie

Das Grundproblem einer Theorie der Biologie ist das Verhältnis von Physik, Chemie und Biologie. Sind die Phänomene des Lebens vollständig auf Physik und Biologie reduzierbar oder gibt es spezifisch biologische Gesetze? Wenn ja, wie ist ihre Spezifik zu begründen, ohne dass entsprechend der Annahmen des Vitalismus eine Durchbrechung physikalischer Gesetze angenommen werden muss und ohne dass entsprechend dem Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität von Niels Bohr oder dem von W. Elsasser postulierten „Prinzip der endlichen Klassen" eine grundsätzliche Erkenntnisgrenze angenommen werden muss.

Walter Elsasser bemühte sich mit seinen Arbeiten, von der Quantenphysik kommend, eine Theorie der Biologie zu begründen. Wie er in der Diskussion mit mir wiederholt betonte, hatte er zu Beginn seiner Arbeiten mit dem „Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität" von Niels Bohr „gespielt". Er akzeptierte die in meiner Arbeit vorgetragene Kritik, dass mit dem Komplementaritätsprinzip, dem von ihm formulierten „Prinzip der endlichen Klassen", der Vitalismus-Mechanizismus-Streit zwar problematisiert, aber nicht gelöst wird.

Er war unglücklich darüber, dass er von verschiedenen führenden Kollegen z. B. Francis Crick, als „wissenschaftlicher Vitalist" bezeichnet wurde. Eine aus meiner Sicht unberechtigte Charakterisierung, die wohl besagen soll, dass er kein klassischer Vitalist ist, der irgendeine zusätzliche Kraft, wie „Entelechie" oder den „Élan Vital" annimmt, aber doch mit seiner Betonung der Spezifik des Lebendigen vitalistische Positionen vertrete. Es sind vor allem zwei Grundsätze, mit denen er die Spezifik des Lebens gegenüber dem technischen Computer begründet. Das Prinzip der nicht mechanischen Speicherung der Information und das Prinzip der Informationsentstehung. Er gratulierte mir in einem Brief dazu, dass ich den Mut hätte, das Prinzip der Informationsentstehung auch für die Ontogenese zu vertreten. Genau dafür hatte er die meiste Kritik einstecken müssen, da er nicht deutlich zwischen genetischer Information und in der Ontogenese entstehender nicht genetischer Information unterschieden hatte. Auch das Prinzip der nichtmechanischen Speicherung der Information wird von uns vorsichtiger formuliert. Wir sprechen von der nicht vollständigen syntaktischen Speicherung der Information. Wir folgen aber seinem Grundgedanken, dass sich in diesen beiden Phänomenen – der nicht vollständigen syntaktischen Speicherung und der Entstehung von Information in biologischer Organisation – die Spezifik des Lebenden gegenüber dem nicht Lebendigen zeigt, sie also Grundkategorien einer Theorie der Biologie repräsentieren.

Dies führt zu der heute auch immer wieder notwendigen, wesentlichen Feststellung, dass sich die Lebensprozesse von den technischen Automaten durch die sich in den Prozessen der Selbstorganisation vollziehenden Prozesse der Informationsentstehung grundsätzlich unterscheiden. Diese Erkenntnis beeinflusst bis heute meine Arbeiten auf dem Gebiet der Theorie und Methodologie der Informatik. Es war daher auch eine besondere Freude, dass die letzte Arbeit von W. Elsasser, über die wir bei meinen Besuchen an der Johns Hopkins University intensiv diskutierten, 1987 vom Präsidenten der USA mit dem höchsten Forschungspreis, mit der „National Medal of Science", ausgezeichnet wurde.

Diese Arbeit hatte W. Elsasser zuvor immer wieder überarbeitet und mehrfach im Eigenverlag[1, 2] herausgegeben. Er hatte sich gewünscht, dass ich sie schon in der DDR publiziere, was aber nicht gelang, da doch eine zu scharfe Trennung zwischen nicht lebenden und lebenden Systemen gesehen wurde.

[1] Walter M. Elsasser, The Natural Philosophy of Holism, Privatly printed. Dept. Of Earth and Planetary Sciences, Johns Hopkins University, Baltimore U.S.A., 1986.
[2] Walter Elsasser, Biological Theory on a Holistic Basis (Second Version). Privately printed. Dept. Of Earth and Planetary Sciences, Johns Hopkins University, Baltimore U.S.A., 1987.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Nun, nach der Auszeichnung wurde seine letzte Arbeit mit einer Einleitung von Harry Rubin, ein experimentell arbeitender Diskussionspartner, auch offiziell veröffentlicht.[1]

Walter Elsasser missfiel mein Vorwurf des Positivismus, insbesondere sei er kein „physikalischer Positivist", wenn schon, dann würde er höchstens dem „logischen Positivismus" von Rudolf Carnap nahestehen. [2] Dies zu beurteilen überlasse ich gerne den in der Geschichte der Philosophie Erfahrenen. Aber ich habe in der Tat nicht oder ungenügend zwischen dem physikalischen und dem logischen Positivismus differenziert.

Walter Elsasser kritisierte, m. E. unberechtigt, dass ich für die Informationsentstehung eine Einschränkung der Gesetze der Thermodynamik annehmen würde, statt von einer Einschränkung von Shannons Gesetz zu sprechen.[3] Es sei daher hier betont, dass wir immer davon ausgegangen sind, dass Information an einen materiellen Träger gebunden ist. Jeder Träger der Information ist physikalischer Natur und unterliegt physikalischen Gesetzen, insbesondere auch dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik. W. Elsasser betont an dieser Stelle, dass er das Problem der Informationsentstehung im Zusammenhang mit seinem Prinzip des holistischen Gedächtnisses (in Kapitel 6 und 7) diskutiert. Es ist von mir hier zu betonen, dass der Gedanke einer Unterscheidung zwischen Speicher und Gedächtnis in der Tat für eine Theorie der Biologie und ebenfalls, wie später wiederholt herausgearbeitet wurde, auch für eine Theorie der Informatik grundlegend sein muss.[4]

Walter Elsasser hat mich durch Briefwechsel und Diskussionen bei meinen Aufenthalten an der Johns Hopkins University stark am Entstehen seines letzten Werkes teilhaben lassen. Insbesondere hob ich ihm gegenüber hervor, dass die in seinem letzten Buch herausgearbeiteten Grundprinzipien einer Theorie der Biologie nicht so scharf von der Physik und Chemie abzugrenzen sind, da sich überall Übergänge und Gemeinsamkeiten im Unterschied aufweisen ließen. Dies hat er leider nicht weiter berücksichtigt.

Es werden von W. Elsasser vier Grundprinzipien formuliert, die m. E. eine weder mechanistische bzw. physikalistische noch vitalistische, dualistische Theorie der Biologie begründen sollen.[5] Die Beachtung bzw. genauere Untersuchung dieser vier Prinzipien sind entscheidend, um das Verhältnis von Physik, Chemie und Biologie sowie das Verhältnis von Automat und Leben und damit Grundfragen der Modellierung biologischer Systeme zu klären:

1. Das Prinzip der geordneten Heterogenität,
2. Das Prinzip der kreativen Selektion,
3. Das Prinzip des holistischen Gedächtnis,
4. Das Prinzip des operativen Symbolismus.

Es kann hier nicht um die Begründung und genauere Darstellung dieser vier Prinzipien gehen. Offensichtlich ist es möglich, die Prinzipien so zu interpretieren, dass W. Elsasser damit weiterhin einen irrationalen Raum schafft, eine Erkenntnisgrenze setzen will.

Es lassen sich, wie ich mit ihm wiederholt diskutierte, immer Übergänge aufweisen. Auch wenn er diesen Gedanken leider nicht aufgegriffen hat, habe ich seine letzten Bemühungen zur Begründung einer Theorie der Biologie nicht so verstanden, dass er einen Raum für Irra-

[1] Walter M. Elsasser, Reflections on a Theory of Organisms – Holism in Biology, The John Hopkins University Press, Baltimore, London, 1998.
[2] Rudolf Carnap wird in der Arbeit von W. Elsasser nicht erwähnt. Er meint mit dieser Bemerkung wohl eher, dass er bei dem Entwurf seiner Theorie der Biologie logisch, formal, vermittels von Abstraktionen herangeht und damit metaphysische Überlegungen ausschließt.
[3] Ebenda S. 92.
[4] Klaus Fuchs-Kittowski, Bodo Wenzlaff: Probleme der theoretischen und praktischen Beherrschung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. – In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin). 35(1987) 6, S. 502-511.
[5] W. Elsasser, Reflections on a Theory of Organisms – Holism in Biology, The Johns Hopkins University, 1998.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

tionalität schaffen wolle, auch wenn die Begründung der entwickelten Prinzipen weiterhin eine starke Trennung von Physik, Chemie und Biologie erscheinen lassen.

Ein Phänomen ist hierbei besonders wichtig: die immer wieder beobachtete Kreativität biologischer Prozesse. Kreativität ist, wie W. Elsasser betont, mit dem Begriff der Entstehung neuer Informationen präziser zu fassen.[1, 2]

W. Elasser war sogar bereit, den Begriff Holismus zu vermeiden und nur von einer Theorie der Biologie zu sprechen. Auch hatte er der These zugestimmt, dass es nicht um Komplementarität im Sinne einer zu scharfen Trennung zwischen Physik, Chemie und Biologie gehen kann, sondern um eine Modifikation der physikalisch-chemischen Prozesse durch die physikalisch-chemischen Prozesse einschränkende Bedingungen, wie spezifische Struktur, informationelle Koppelung und Ganzes-Teil-Beziehungen. Dies wird in meiner Formulierung folgendermaßen zum Ausdruck gebracht: „*Alles was biologisch möglich ist, muss auch physikalisch möglich sein, aber das Umgekehrte gilt nicht. Nicht alles was physikalisch möglich ist, ist auch biologisch möglich, z. B. ein faules Ei. Hinzu kommen die Möglichkeiten der physikalisch-chemischen Gesetze einschränkende Bedingungen, durch die die spezifischen Lebensprozesse ermöglicht werden. Was auf der niederen Ebene als Einschränkung erscheint, bringt auf der höheren Ebene neue Entwicklungsmöglichkeiten hervor*."

Der endgültigen Veröffentlichung der letzten Arbeit von W. Elsasser ist aber nun von den Herausgebern der Untertitel „Holism in Biology" extra hinzugefügt worden und im Klappentext wird der Gedanken der Modifikation der physikalisch-chemischen Prozesse negiert und als vitalistisch bezeichnet. Harry Rubin kennt unsere letzten gemeinsamen Diskussionen nicht. Im Klappentext wird sogar positiv betont, dass W. Elsasser die Leser zu dem Schluss führe, dass die lebende und die nicht lebende Materie durch „ein Niemandsland der Irrationalität" getrennt seien. Wenn die Ausführungen von W. Elsasser in seinem letzten Buch in dieser Weise interpretiert werden, dann besteht meine in dem Buch von 1976 geübte Kritik an W. Elsasser weiter. Ich bin aber der Meinung, dass W. Elsasser der „Physical Foundation of Biology"[3] sich doch von dem der „Reflections on a Theory of Organisms" wesentlich unterscheidet. In der Tat ist das Lebende nicht auf den Computer als rein physikalisches System zu reduzieren. Es gibt einen nicht formalisierbaren bzw. nicht berechenbaren Bereich. Dies ist aber kein irrationaler Bereich, sondern im Gegenteil, ein durch erklärbare Prinzipien charakterisierter.

Wir betonen in dem vorliegenden Buch, dass zur Erfassung der Regulation des Zellstoffwechsels das System analytischer Methoden durch ein System synthetischer Methoden ergänzt werden muss. Dabei kommt der Modellmethode als einer synthetischen Methode eine besondere, revolutionierende Rolle zu.[4] In den Vorworten von Harry Rubin[5] und Frederick

[1] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans A. Rosenthal, Selbstorganisation, Information und Evolution – Zur Kreativität der belebten Natur, in: Norbert Fenzl, Wolfgang Hofkirchner, Gottfried Stockinger (Hrsg.): Information und Selbstorganisation – Annäherung an eine vereinheitlichte Theorie der Information, Studien-Verlag, Innsbruck-Wien, 1968, S. 141-188.

[2] Klaus Fuchs-Kittowski. Information und Biologie: Informationsentstehung – eine neue Kategorie für eine Sozietät Theorie der Biologie. – In: Biochemie – ein Katalysator der Biowissenschaften. Kolloquium der Leibniz- am 20. November 1997 anläßlich des 85. Geburtstages von Samuel Mitja Rapoport. Sitzungsberichte der Leibnitz-Sozietät. Berlin, Leibniz-Sozietät, 22 (1998) 3. S. 5-17.

[3] Walter M. Elsasser, The Physical Foundation of Biology – An Analytical Study, Pergamon Press, London, New York, 1958.

[4] Klaus Fuchs-Kittowski, Zur (informatischen) Modellbildung im Methodengefüge der Wissenschaft – Zur revolutionären Rolle der Methoden in der Wissenschaft. In: Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2006. Hrsg. v. Heinrich Parthey und Günter Spur. Frankfurt am Main: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007, S. 31-77.

[5] Harry Rubin, Introduction, Walter M. Elsasser, Reflections on a Theory of Organisms – Holism in Biology, The Johns Hopkins University, 1998, p. XI-XVII.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Seitz[1] wird die Bemühung von W. Elsasser, den Reduktionismus als Methode durch ganzheitliche Phänomene des Lebens erfassende Methoden zu ergänzen, als ein dualistischer Ansatz bezeichnet. Wenn hier von Dualismus gesprochen wird, geht es um Methodenvielfalt und nicht um einen Dualismus im Sinne des Mechanismus-Vitalismus-Streites oder des psychophysischen Dualismus.

Wir betonen: Die Reduktion als Methode ist notwendig; zur Gewinnung von Aussagen über das Ganze ist sie zu eng.[2] Die Entwicklung der Molekularbiologie, die Revolution in der Biologie zeigte die Notwendigkeit der Reduktion der komplexen Lebensprozesse auf die ihnen zugrunde liegenden elementaren Prozesse und Strukturen.

Reduktionismus als einer philosophischen Position besteht dann, wenn man bei den aus der Reduktion gewonnenen Erkenntnissen stehen bleibt und nicht zur Resynthese durch materielle oder gedankliche (mathematische) Modelle kommt. Um die Diskussion zum Reduktionismus in den Biowissenschaften zu verstehen, sollte man sich daran erinnern, das Lyssenko und seine Anhänger, aber auch andere Biowissenschaftler in jener Zeit, auch die Reduktion als Methode in den Biowissenschaften ablehnten, da die Erkenntnis der molekularen bzw. biochemischen Prozesse nichts über die Lebensprozesse aussagen könnten.

Die DNA könne nicht der Träger der Vererbungsprozesse sein, denn „Vererbung sei eine Leistung der ganzen Zelle“. Das ist im philosophischen Sinne Holismus.

Es musste also deutlich gemacht werden, dass die Analyse von Makromolekülen und ihrer Wechselbeziehung, auch wenn sie nicht leben, durchaus Erkenntnisse über die Lebensprozesse liefern, weil sie Bestanteil dieser Prozesse sind. So wurde formuliert: „Der vage, holistische Antireduktionismus, der sich auch gegen die Methode der Reduktion wendet, begeht einen entscheidenden Fehler. Moleküle sind zwar in der Tat nicht lebend, es darf aber nicht übersehen werden, dass sie Bestandteile des lebenden Systems sind und dass daher die Erkenntnis ihrer Struktur und Funktion wesentlich zum Verständnis des Lebenden beiträgt. Sobald man letzteres anerkennt, ist die Methode der Reduktion zwingend notwendig. Das Problem besteht also, in dem – in der Dialektik des Erkenntnisprozesses auftretenden – Konflikt, zwischen der theoretisch nachweisbarer *Begrenztheit* der Methode der Reduktion einerseits und der methodischen *Unumgänglichkeit* des Reduktionsprozesses andererseits. Die Verabsolutierung dieser Schwierigkeiten kann idealistischen Positionen Vorschub leisten.“[3]

Es ging hier also nicht darum zu fragen, ob die Reduktion berechtigt oder nicht berechtigt ist, sondern darum zu verdeutlichen, dass man ohne diese Reduktion auf die den komplexen Lebensprozessen zugrunde liegenden Elementarprozesse überhaupt nicht zum Wesen der Lebensprozesse vorstoßen kann. Dies wurde in der Mitte des vorangegangenen Jahrhunderts durch den Siegeszug der Molekularbiologie eindrucksvoll bestätigt. Viele, auch Philosophen, sprachen dann vom Sieg des Reduktionismus. Dagegen musste dann nun wieder verdeutlicht werden, dass man auch nicht bei den Ergebnissen aus der Anwendung der Reduktionsmethode stehen bleiben darf, will man das Lebende verstehen, denn das Ganze ist deutlich mehr als die Summe seiner Teile, wie schon L. v. Bertalanffy mit seiner Allgemeinen Systemtheorie verdeutlichte und die Systembiologie heute eindrucksvoll bestätigt. Es gilt[4], dass auch die

[1] Frederick Seitz, Elsasser, Walter M. Elsasser, Reflections on a Theory of Organisms – Holism in Biology, The Johns Hopkins University, 1998, p. XIX-XXIV.
[2] Klaus Fuchs-Kittowski, Reduktive Methode und Reduktionismus in den Biowissenschaften, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Heft 5, Jahrgang 29, 1981, S. 503-515.
[3] Ebenda S. 503 f.
[4] Klaus Fuchs-Kittowski, Zum Problem des Reduktionismus in der Biologie, in: Rolf Löther (Hrsg.): Das Reduktionismusproblem in der Biologie, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR, Mathematik – Naturwissenschaft – Technik, 5 N 1979, S. 17-51.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Resynthese oder, wie in der Verhaltensbiologie, eine Beobachtung des Lebewesen als Ganzem, für das volle Verständnis des Lebendigen erforderlich ist.

Die Methode der Reduktion, die Methode der Vereinfachung, die auch mit der Methode der Modellbildung verbunden ist, muss immer auf die Hervorhebung wesentlicher (gesetzmäßiger) Zusammenhänge gerichtet sein. Ziel der Forschung ist es, durch Reduktion der komplexen Lebensprozesse auf die makromolekularen Wechselwirkungen wesentliche Zusammenhänge zu erkennen und über Modellbildung die Prozesse dann auch ingenieurmäßig handhabbar zu machen. Wenn W. Elsasser von Holismus spricht und selbst wenn er sich dabei gleich zu Beginn auf Jan Smuts, den Begründer eines, wie wir sagen, vagen Holismus, bezieht, geht es ihm um die Durchsetzung heute weithin anerkannter methodologischer Erkenntnisse, die sich aus dem Wesen, der Teil-Ganzes-Dialektik des Lebendigen ergeben.

W. Elsasser spricht zwar von Holismus, von einer holistischen Theorie der Biologie. Hier ist das holistische biologische System jedoch nicht etwas Mystisches, sondern Ausdruck einer außerordentlich hohen, physikalisch-chemischen, mit anschaulichen Modellen, wie den technischen Automaten, nicht vollständig erfassbaren, Komplexität lebender Organismen. Mit anschaulichen Modellvorstellungen lässt sich nur das schon Gewordene erfassen, nicht aber die Materie in ihrer inneren Widersprüchlichkeit und sich daraus ergebenden immer neuen Entwicklungsmöglichkeiten. Die Grundproblematik ist also, wie es zu der außerordentlich hohen Komplexität lebender Systeme kommt und wie man einen rationalen, wissenschaftlichen Zugang zu ihr finden kann, der vor allem auch die von Descartes stammende dualistische Konzeption ausschließt.

## 6. Präformation oder Epigenese

Kybernetisches Denken wird im Rahmen der Molekularbiologie mit der Problematik der Genregulation besonders wichtig. Für unsere Diskussion zum Determinismus und zur Kybernetik in der molekularen Biologie gewinnt das von François Jacob und Jacques Monod 1961 entwickelte Operon-Modell der Genregulation bei Prokaryoten, speziell zur Regulation der Transkriptionsaktivität und damit der mRNA-Synthese besondere Bedeutung. Demnach vollzieht sich die Regulation der Proteinsynthese nach einem bestimmten Mechanismus. Durch die Regulation der Gen-Aktivität, bzw. die Steuerung der Genexpression wird bestimmt, ob das von dem Gen codierte Protein in der Zelle, zu welcher Zeit und in welcher Menge, gebildet wird. Damit wird das alte philosophische Problem der Biologie – Präformation oder Epigenese – in neuer Form dargestellt. Ist der gesamte Informationsgehalt eines erwachsenen Organismus in den Genen enthalten oder kommt im Verlaufe der Ontogenese noch neue, wenn auch nicht genetische, Information hinzu?

Als zentrales philosophisches, erkenntnistheoretisches und methodologisches Problem der Biologie erscheint das Problem der Entstehung neuer Information in Phylo- und Ontogenese.

Hierzu spielt das dialektische Verständnis von Notwendigkeit und Zufall in den Lebensprozessen eine entscheidende Rolle; dem entgegen hatte Jacques Monod in seinem Buch: „Zufall und Notwendigkeit“[1] beide Kategorien vollständig getrennt und kam damit auch zu der extremen Aussage: Die Phylogenese beruht auf „reinem Zufall“, die Ontogenese allein auf Notwendigkeit.

Nach der Diskussion über Jacques Monods Buch „Zufall und Notwendigkeit“[2] wurde die dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall, in Anlehnung an die Kritik von Manfred

[1] Jacques Monod: Zufall und Notwendigkeit – Philosophische Fragen der modernen Biologie. München 1971.
[2] Klaus Fuchs-Kittowski, Samuel Mitja Rapoport, Hans A. Rosenthal & Georg Wintgen: Zur Dialektik von Notwendigkeit und Zufall in der Molekularbiologie. – In: Marxismus Digest 18 Philosophie und Naturwissenschaften. (1974) 2, S. 128-158. (Aus: Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin). 20 (1972) 4, S. 418-443).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Eigen[1] an Jacques Monod, richtig im Zufall der Mutation und der Notwendigkeit der Selektion gesehen. Fußend auf experimentellen Arbeiten von Hans-Alfred Rosenthal und seiner Gruppe[2, 3] bemühten wir uns darüber hinaus, die Einheit von Notwendigkeit und Zufall im Mutations- und im Selektionsprozess nachzuweisen.[4]

Samuel Mitja Rapoport und Hermann Ley schreiben in ihrem Geleitwort zur ersten Auflage, dass mit der vorliegenden Schrift zu den behandelten brennenden Problemen „in vieler Hinsicht Neuland“ beschritten wird. Wie sehr es Neuland war, wurde mir später nochmals bewusst, als ich in einer Biographie über Norbert Wiener von P. R. Masani[5] auf den Bericht stieß, dass Norbert Wiener sich offensichtlich nicht dem Gebiet der Molekularbiologie zugewendet hatte, obwohl ihn John von Neumann in einem Brief ausdrücklich dazu aufgefordert hatte, sich doch stärker den molekularbiologischen Prozessen zuzuwenden und nicht nur die gehirnphysiologischen Prozesse kybernetisch zu untersuchen. Wiener soll diesen Brief nicht beantwortet und auch nicht mit seinen Kollegen diskutiert haben. Das war im Jahre 1946.

Zum anderen war, wie schon zuvor gesagt, die Problematik der Informationsentstehung insbesondere in der Ontogenese Neuland. In der ersten Auflage wird die Problematik eigentlich nur aus einer, zwar naturwissenschaftlich abgeleiteten, philosophischen Hypothese aufgeworfen.

Die entscheidende Überlegung war:

Wenn 1. die Aussage des Zentraldogmas der Molekularbiologie richtig ist und 2. die Annahme einer Präformation – der Vorgabe des gesamten Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus – in der DNA kaum wahrscheinlich ist, dann muss 3. Information im Prozess der Ontogenese durch Selbstorganisation entstehen.

Dies war also zu dieser Zeit nur eine – m. E. fruchtbare – Hypothese.

Nach C. F. von Weizsäcker ist es Aufgabe der Philosophie, einen kleinen, vielleicht auch nur einen ganz kleinen Schritt über den Stand der gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnis hinaus zu spekulieren, denn nur so kann sie eine heuristische Funktion erfüllen.[6] Hier haben wir, ausgehend von der ungeklärten Frage nach der Ausbildung von Antikörpern, ein Stück weit spekuliert.

Wenn die Aussage des Zentraldogmas der Molekularbiologie richtig ist und die Annahme einer Präformation – der Vorgabe des gesamten Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus in der DNS, z. B. bei der Ausbildung von Antikörpern in Reaktion auf zuvor völlig unbekannte Antigene – kaum wahrscheinlich ist, dann muss die Information im Prozess der Selbstorganisation, durch Zufall und Selektion, intern entstehen. Es muss selektive – nicht instruktive – Lernprozesse geben, auf deren Grundlage, durch Auswahl vorcodierter Teilprogramme, ein entsprechender Antikörper in Reaktion auf das Antigen gebildet werden kann.

---

[1] Manfred Eigen: Vorrede zur deutschen Ausgabe. In: Jacques Monod: Zufall und Notwendigkeit – Philosophische Fragen der modernen Biologie. München 1971.

[2] D. Presber, H. Krüger, C. Schröder, Hans-Alfred Rosenthal: Einschränkung des Zufalls bei der Entstehung von Mutationen im Verlaufe der Evolution. In: Erhard Geissler, Werner Scheler: Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften. IV. Kühlungsborner Kolloquium. Berlin 1976, S. 71-87.

[3] Klaus Fuchs-Kittowski: Zum Charakter der Gesetzmäßigkeit der Evolution. In: Herbert Hörz, Czeslaw Nowinski (Hrsg.): Gesetz – Entwicklung – Information. Zum Verhältnis von philosophischer und biologischer Entwicklungstheorie. Berlin 1979, S. 287-309.

[4] Klaus Fuchs-Kittowski, Zum Charakter der Gesetzmäßigkeit der Evolution. In: Gesetz – Entwicklung Information – Zum Verhältnis von philosophischer und biologischer Entwicklungstheorie. Hrsg. v. Herbert Hörz und C. Nowinski. Berlin: Akademie-Verlag 1979. S. 287-309.

[5] P. R. Masani, Norbert Wiener, 1894-1964, Birkenhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1990, S. 239 ff.

[6] Carl Friedrich von Weizsäcker, Die Tragweite der Wissenschaft, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1971.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Informationsentstehung in Prozessen der Selbstorganisation in der Ontogenese wurde damit erst vorsichtig postuliert.

Es war Erhard Geißler, der mich später, bei einem Besuch in seinem Labor in Berlin Buch, auf die Existenz einer Positionsinformation aufmerksam machte und auf entsprechende Literatur verwies. So tasteten wir uns in dieses Neuland vor.

Heute kann dagegen Werner Ebeling als fast selbstverständlich formulieren:

„Information entsteht im Organismus insbesondere im Prozess der Ontogenese. Bei der Ontogenese der Organismen wirken eine Reihe Prinzipien der Selbstorganisation. Insbesondere handelt es sich um die Prinzipien der Morphogenese. Bei der Ontogenese einer Eizelle werden zunächst nur die im Genom gespeicherten Informationen abgearbeitet, Proteine synthetisiert und Grundelemente des Organismus geschaffen.

Wie kommt es nun zur Ausbildung der komplizierten Strukturen des fertigen Organismus? Lange hat man geglaubt, dass das Genom eine Blaupause des Organismus wäre, dazu ist jedoch die Informationskapazität des Genoms mit etwa $10^{10}$ bit viel zu gering. Entscheidende theoretische Einsichten verdanke wir dem Spätwerk des Mathematikers und Kybernetikers Alan Turing (1952) und wichtige experimentelle Unterlagen den Physikochemikern Belousov und Zhabotinsky. Die modernen Entwicklungen der Theorie dissipativer Strukturen stellen in vieler Hinsicht eine Bestätigung – wenn auch in modifizierter Form – der Ideen und Vorstellungen von Ernst Haeckel und seinen Schülern Wilhelm Roux und Hans Driesch über die Keimentwicklung dar. Nach dieser Theorie löst ein chemisches Konzentrationsgefälle entlang der verschiedenen Achsen die Entwicklungsphasen aus und steuert sie. Nach Wolpert (1969) setzt die Existenz einer Positionsinformation die Festlegung eines Koordinatensystems voraus, in dem sie markiert wird. Das führt zu einer räumlichen Differenzierung, die in der Regel zu dem Gradienten einer chemischen Substanz M, dem *Morphogen*, in Beziehung steht.

In einem zweiten Stadium wird die Positionsinformation durch die individuelle Zelle interpretiert, es kommt zur Zelldifferenzierung. Wolpert (1969) postuliert die Universalität dieses Mechanismus. Heute gibt es bereits eindrucksvolle experimentelle Beweise für die Richtigkeit der Vorstellungen über die Existenz von Gradientenfeldern und einer Positionsinformation. Es ist überzeugend nachgewiesen worden, dass zyklisches Adenosinmonophosphat (cAMP) als Morphogen bei der Individualentwicklung des Schleimpilzes aus einer homogenen Zellsuspension fungiert. Weiterhin konnte ein chemischer Faktor – der sogenannte *Nervenwachstumsfaktor* – für das Wachstum und die Differenzierung des Nervensystems identifiziert werden. Einen starken Impuls erhielt die Entwicklung dieser Theorie durch das von Prigogine stammende Konzept der dissipativen Strukturen. Gradientenfelder von morphogenen Substanzen sind in diesem Sinne dissipative Strukturen.“ [1]

Was konnten philosophische Überlegungen zu dieser Entwicklung beitragen?

Im Geleitwort von Samuel Mitja Rapoport und Hermann Ley zur ersten Auflage dieses Buches heißt es dazu: „Und wiederum ist der Philosoph aufgerufen, in diesem Gelände, in dem sich Informationstheorie, Regelungstechnik, Biologie und Psychologie überschneiden, durch Überprüfung der Begriffe seinen Beitrag zu leisten, sowohl zur Weiterentwicklung der Erkenntnistheorie als auch der Einzelwissenschaften.“[2]

[1] Werner Ebeling, Physik, Biologie, Technik und Selbstorganisation der Information, In: Fuchs-Kittowski, Frank/Kriesel, Werner (Hrsg.) Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt a. M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.

[2] Samuel Mitja Rapoport, Hermann Ley, Geleitwort, in: Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie – Tatsachen und Hypothesen über das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus, VEB Gustav Fischer Verlag Jana, 1969, S. 9.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Es ging also um beides, um eine Vertiefung des philosophischen Denkens und wenn erforderlich, um begriffliche und theoretisch-methodologisch Vertiefung speziell bei den jungen, sich stürmisch entwickelnden Einzelwissenschaften, wie Molekularbiologie, Kybernetik und Informatik.

Von einer Reihe marxistischer Philosophien wurde der von W. I. Lenin im Zusammenhang mit der von ihm früh erkannten philosophischen Bedeutung der Revolution in der Physik formulierte Gedanke: „Sie [die moderne Physik] ist dabei, den dialektischen Materialismus zu gebären“[1] verabsolutiert. Es wurde unterstellt, dass nun alles, was die moderne Wissenschaft entdeckt und formuliert, a priori eine Bestätigung materialistischen und dialektischen Denkens sei. Dies war aber keineswegs in dieser vereinfachten Weise der Fall. So schrieb Ross Ashby: „We take as basic the assumtion that the organism is mechanistic in nature, that it is composed of parts, that the behaviour of the whole is the outcome of the compounded actions of the parts, that organisms change their behaviour by learning, an that they change it so that the later behaviour is better adapted to their environment than the earlier.“ [2]

R. Ashby betrachtet nicht die Teil-Ganzes-Dialektik. Die Tatsache, dass im lebendigen Organismus, bei einem organismischen Ganzen, die Entwicklung der Teile auch vom Ganzen bestimmt wird. Er betont zu Recht, dass die Kybernetik dem mechanistischen Denken Wege öffnet auf Gebieten, auf denen es bisher nicht anwendbar erschien. Es muss hierzu jedoch vermerkt werden, dass der Mechanismus bzw. Automatismus, von dem R. Ashby spricht, von ihm, durch die Einbeziehung des Begriffs der Selbstorganisation, seinem Modell des Homöostaten, wesentlich erweitert wird. Doch wie im vorliegenden Buch betont wird, können diese technisch selbstorganisierenden Systeme nicht von allein selbstorganisierend sein. Ihre Veränderung hat nicht ihre Ursache in der Menge innerer Zustände, sondern wird allein durch die Umwelt, durch die auf das System wirkenden Inputs ausgelöst. Eine solche Maschine ist daher nicht, wie Lebewesen, aus sich selbst heraus auf der Grundlage ihrer inneren Widersprüchlichkeit selbstorganisierend, sondern muss zumindest mit einer anderen Maschine, muss in der Industrie letztlich mit dem schöpferisch tätigen Menschen, verbunden sein. Ein Grundgedanke, der heute, bei der Entwicklung der Industrie 4.0, mit der Entwicklung und dem Einsatz der sog. cyber-physikalischen Systemen und lernfähigen Industrieroboter Beachtung findet und zur Abkehr von dem zuvor noch oftmals angestrebten Ziel der Vollautomatisierung, zum Konzept einer humanzentrierten Automation führt.[3, 4]

François Jacob schreibt in seinem Buch: „Die Logik der Lebendigen“: „Die moderne Biologie will die Eigenschaften des Organismus aus der Struktur der ihn aufbauenden Moleküle erklären. In diesem Sinne entspricht sie einem neuen Zeitalter des Mechanismus. Das Programm ist ein der elektronischen Rechenmaschine entlehntes Modell. Es stellt das genetische Material im Ei dem magnetischen Band eines Computers gleich. Es bedingt eine Reihe durchzuführender Operationen, die Starrheit ihres zeitlichen Ablaufs und den ihnen zugrundeliegenden Zweck.

In Wirklichkeit unterscheiden sich diese beiden Arten von Programmen in vielerlei Hinsicht, in erster Linie in Bezug auf ihre Eigenschaften.“[5]

---

[1] W. I. Lenin: Materialismus und Empiriokritizismus. Lenin-Werke Bd. 14. Dietz Verlag Berlin, S. 316.
[2] W. Ross Ashby, Design For a Brain – The orgin of adaptve behaviour, Chapman & Hall LTD, London, 1960, 12.
[3] Jörg Krüger und Jens Lambrecht, Industrie 4.0. „Chancen der vierten industriellen Revolution“, in: Jörg Krüger, Heinrich Parthey, Rüdiger Wink (Hrsg.): Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2014, Wissenschaftlicher Verlag, Berlin 2015, S. 21-22.
[4] Werner Kriesel Zukunfts-Modell und Kommunikation, In: Fuchs-Kittowski, Frank/Kriesel, Werner (Hrsg.) Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt a. M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.
[5] Francois Jacob, Die Logik des Lebendigen – Von der Urzeugung zum genetischen Code, S. Fischer Verlag, 1972, S. 17.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Hier zeigt sich die Fruchtbarkeit unseres methodischen Ansatzes. Statt des unfruchtbaren Streites über ein „Für und Wider die Kybernetik“[1] gingen wir, geleitet von der methodologischen Erfahrungen in der Quantenphysik sowie von materialistischem und dialektischem Denken, davon aus, dass man mit dem klassischen Modell beginnen muss, dass man dieses so lange benutzen sollte und benutzen kann, bis sich seine Grenzen zeigen und es entsprechend modifiziert werden muss.

Die insbesondere in der Diskussion von Philosophen und Naturwissenschaftlern in der DDR, speziell auch im Rahmen des Lehrstuhls für philosophische Probleme der Naturwissenschaften unter Leitung von Hermann Ley[2], entwickelte materialistisch-dialektische Determinismus- und Entwicklungskonzeption konnte hier durchaus hilfreich sein, die Grenzen des klassischen Modells frühzeitig zu erkennen und den Schritt zur Modifikation des klassischen Modells erfolgreich zu vollziehen. Dazu bedurfte und bedarf es einer weder dualistischen noch reduktionistischen Theorie der Biologie.[3, 4]

Neigen manche Philosophen auch heute noch, bei der Betonung der spezifischen Qualität des Lebendigen, zu einer dualistischen Theorie, so verführten die Erfolge der Molekularbiologie auch marxistische Philosophen dazu, von einem „Sieg des Reduktionismus“ zu sprechen.[5] Wir bemühten und bemühen uns dagegen, eine weder dualistische noch reduktionistische Theorie der Biologie zu begründen.

Um die in diesem Buch aufgeworfenen philosophischen, erkenntnistheoretischen und methodologischen Fragen wirklich beantworten zu können, musste und muss sicher weiterhin noch vertieft viel wissenschaftliche Arbeit von einer Vielzahl von Forschern geleistet werden. Ich kann mich nur darüber freuen, dass wir in dem vorliegenden Band und auch in den weiteren Diskussionen, insbesondere in den „Kühlungsborner Kolloquien zu philosophischen und ethischen Problemen der modernen Biologie“, schon eine ganze Reihe der philosophischen und erkenntnistheoretisch-methodologischen Fragen aufwerfen konnten, die z. T. erst später, in sehr bekannt gewordenen Werken führender Naturwissenschaftler selbst, wie von Francois Jacob[6], Manfred Eigen, Ruthild Winkler,[7] Ilya Prigogine, Isabelle Stengers[8], Max Delbrück,[9] Huberto R. Maturana, Francisco Varela[10], deutlich exakter und umfangreicher, behandelt wurden – um nur einige zu nennen.

---

[1] Klaus Fuchs-Kittowski, Zum „Für und Wider“ die Kybernetik und zur Entwicklung der Kybernetik II. Ordnung. – In: Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR. Hrsg. v. Frank Dittmann und Rudolf Seising. Berlin: trafo Verlag 2007. S. 291-321.

[2] Klaus Fuchs-Kittowski, Marlene Fuchs-Kittowski: Philosophie der Naturwissenschaften – Tätigkeit, Modell und Erkenntnis. Zum Gedenken an Hermann Ley und zur Erinnerung an die Kühlungsborner Kolloquien zu philosophischen Problemen der modernen Biowissenschaften. – In: Hermann Ley – Denker einer offenen Welt. Hrsg. v. Karl-Friedrich Wessel, Hubert Laitko und Thomas Diesner. Grünwald: Kleine Verlag 2012. S. 213-254.

[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Zum Problem der Reduktion in der Biologie. – In: Das Reduktionismusproblem in der Biologie, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR (Mathematik, Naturwissenschaft, Technik). Hrsg. v. Rolf Löther. Berlin: Akademie-Verlag 1979. S. 17-51.

[4] Klaus Fuchs-Kittowski, Die Psychophysiologie benötigt eine weder dualistische noch reduktionistische Lösung des Geist-Gehirn-Problems. – In: Ethik und Sozialwissenschaften (EuS) Streitforum für Erwägungskultur (Opladen). 6 (1995).

[5] C. P. Karpinskaja, Filosofski problemi molekularnoi biologii, Istatelstwo „Mysl“, Moskwa 1971.

[6] Francois Jacob, Die Logik des Lebendigen – Von der Urzeugung zum genetischen Code, S. Fischer Verlag, 1972.

[7] Manfred Eigen, Ruthild Winkler, Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall, R. Piper & Co. Verlag München/Zürich, 1975.

[8] Ilya Prigogine, Isabelle Stengers, Dialog mit der Natur – Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens, R. Piper & Co Verlag, München Zürich, 1980.

[9] Max Delbrück, Wahrheit und Wirklichkeit – Über die Evolution des Erkennens, Rasch und Röhring Verlag, Hamburg – Zürich, 1986.

[10] Huberto R. Maturana, Francisco Varela, Der Baum der Erkenntnis – Wie wir die Welt durch unsere Wahrnehmung schaffen – die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. Scherz Verlag Bern, München, Wien, 1987.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 7. Die Kühlungsborner Kolloquien – wissenschaftlichen Meinungsstreits auf hohem Niveau

Wenn der Leser daran interessiert sein sollte, zu erfahren, wie sich die Arbeit an philosophischen, methodologischen und ethischen Problemen der modernen Biologie in der DDR, seit Erscheinen des Buches, weiter entwickelte, sei er insbesondere auf die international beachteten „Kühlungsborner Kolloquien zu philosophischen und ethischen Problemen der modernen Biologie“ hingewiesen.

Ich gehe in diesem Geleitwort breiter auf diese Kolloquienreihe ein, weil allein schon die Vielzahl der Themen und die dazu intensiv geführten Diskussionen zeigen, dass im vorliegen Buch nur einige von den auf den Kolloquien weiterentwickelten Themen angesprochen wurden. Diese Kolloquien erwiesen sich als eine hervorragende Gelegenheit, an dieser Problematik interessierte Natur- und Geisteswissenschaftler zur direkten Zusammenarbeit zusammenzuführen. Zur Vorbereitung von dann in Kühlungsborn vorgetragenen Gemeinschaftsarbeiten wurden in den Räumen der „Gesellschaft für mathematischen und physikalische Biologie der DDR“ am Kupfergraben noch spezielle Seminare veranstaltet. Bis 1989 wurden folgende Kolloquien in der Verantwortung der „Gesellschaft für mathematische und physikalische Biologie der DDR“ unter Leitung von Ehrhard Geissler und auch zur speziellen Vor- und Nachbereitung, durch die von mir geleitete Sektion der Gesellschaft „Philosophie und Wissenschaftstheorie“, durchgeführt:

I. Kühlungsborner Kolloquium: V. Internationales UV-Kolloquium, 1969[1]
II. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der modernen Genetik“, 1970 [2, 3]
III. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Molekularbiologie“, 1972 [4, 5, 6]
IV. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften – Information“, 1974 [7, 8, 9]
V. Kühlungsborner Kolloquium über „Diskretität und Stetigkeit von Lebensprozessen“, 1977 [10, 11]

[1] Erhard Geissler (Hrsg.): Grundlagen der UV-Wirkung. V. Internationales UV-Kolloquium. Studia biophysica Bd. 19, 1970.
[2] Geissler, Ley (Hrsg.), Philosophische und ethische Probleme der modernen Genetik. II. Kühlungsborner Kolloquium, Berlin 1972.
[3] Klaus Fuchs-Kittowski: Information, ihre Speicherung und Verarbeitung in biomolekularen Systemen. In: Geissler, Ley (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 2), S. 193-297.
[4] Erhard Geissler, Alfred Kosing, Hermann Ley, Werner Scheler (Hrsg.): Philosophische und ethische Probleme der Molekularbiologie. III. Kühlungsborner Kolloquium. Berlin 1974.
[5] Sinaida Rosenthal, Samuel Mitja Rapoport, Hans-Alfred Rosenthal, Klaus Fuchs-Kittowski: Zu einigen aus den Erkenntnissen der Molekularbiologie ableitbaren theoretischen Verallgemeinerungen. In: Geissler u. a. (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 4), S. 19-39.
[6] Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Günther: Probabilistische Gesetzmäßigkeiten, Selbstorganisation und Evolution. In: Geissler u. a. (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 4), S. 55-76.
[7] Geissler, Scheler (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 143).
[8] Sinaida Rosenthal, Klaus Fuchs-Kittowski, Hans-Alfred Rosenthal, Samuel Mitja Rapoport: Überlegungen zu den molekularbiologischen Grundlagen der Widerspiegelung. In: Geissler, Scheler (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 143), S. 11-29.
[9] Klaus Fuchs-Kittowski, Bodo Wenzlaff: Zur Differenzierung der Information auf verschiedenen Ebenen der Organisation lebender Systeme. In: Geissler, Scheler (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 143), S. 317-359.
[10] Erhard Geissler, Joachim-Hermann H. Scharf, Werner Scheler (Hrsg.): Diskretität und Stetigkeit von Lebensprozessen. V. Kühlungsborner Kolloquium. Berlin 1977.
[11] Klaus Fuchs- Kittowski, Sinaida Rosenthal, Samuel Mitja Rapoport: Zur Dialektik von Kontinuität und Diskontinuität und zum Problem der Zeit in der Biologie. In: Geissler, Scheler (Hrsg.), Diskretität (wie Anm. 158), S. 20-30.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

VI. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Verhaltensforschung“, 1976 [1, 2, 3, 4]
VII. Kühlungsborner Kolloquium über „Genetic Engineering und der Mensch“, 1979 [5, 6]
III. Kühlungsborner Colloquium on „Philosophical and Ethical Problems of Biosciences – Darwin Today”, 1983 [7]
IX. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften – Leben und Sterben“, 1985 (unveröffentlicht[8])
X. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften: Der Mensch als biopsychosoziale Einheit“, 1985[9]
XI. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften: Natürliche Evolution von Lernstrategien“, 1988 [10, 11]
XII. Kühlungsborner Kolloquium über „Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften: Prevention of a Biological and Toxin Arms Race and the Responsibility of Scientists”, 1990 [12]
XIII. Kühlungsborner Kolloquium über „Vaccines for Peace. An International Program for the Development and Use of Vaccines Against Dual-Threat Agents”, Biesenthal bei Berlin, 1992[13]
XIV. Kühlungsborner Kolloquium über „Gentechnik und der Mensch. 30 Jahre nach dem CIBA-Symposium ‘Man and his future’”, Insel Vilm, 1993[14]
XV. Kühlungsborner Kolloquium über „Biological and Toxin Weapons Research, Development and Use 1925 – 45: Lessons for the Future”, Insel Vilm, 1994[15]

---

[1] Tembrock, Geissler, Scheler (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 84).
[2] Fuchs-Kittowski, Bedeutung und Grenzen (wie Anm. 84).
[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Marlene Fuchs-Kittowski, Hans-Alfred Rosenthal: Biologisches und Soziales im menschlichen Verhalten. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 31 (1983) 7, S. 812-824.
[4] Klaus Fuchs-Kittowski, Marlene Fuchs-Kittowski, Hans-Alfred Rosenthal: Biosoziale Probleme in der gegenwärtigen weltanschaulichen Auseinandersetzung. In: Gesellschaft für Experimentelle Medizin der DDR 20 (1983), S. 5-22.
[5] Erhard Geissler, Werner Scheler (Hrsg.): Genetic Engineering und der Mensch. VII. Kühlungsborner Kolloquium. Berlin 1979.
[6] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans-Alfred Rosenthal, Sinaida Rosenthal: Zu den modernen genetischen Technologien und das Verhältnis von Wissenschaft und Ethik, Wahrheit und Wert, Rationalität und Humanismus. In: Geissler, Scheler (Hrsg.), Genetic (wie Anm. 16), S. 107-129.
[7] Erhard Geissler, Werner Scheler (Hrsg.): Philosophical and Ethical Problems of Biosciences – Darwin Today. Berlin 1983.
[8] Erhard Geissler schreibt dazu in seiner Autobiographie: „Probleme gab es aber auch um ein ganzes Kolloquium, das IX., das wir 1983 unter dem Arbeitstitel ‚Leben und Sterben‘ durchführen wollten.“ Das Thema „Sterben“ sei weitgehend tabuisiert gewesen – „es passte nicht in das optimistische Bild des Sozialismus ...“ – Erhard Geissler: Drosophila oder die Versuchung – Ein Genetiker der DDR gegen Krebs und Biowaffen, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag, 2010, S. 163-164.
[9] Erhard Geissler, Herbert Hörz (Hrsg.): Vom Gen zum Verhalten. Der Mensch als biopsychosoziale Einheit. Berlin 1988.
[10] Erhard Geissler, Günter Tembrock.(Hrsg.): Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften: Natürliche Evolution von Lernstrategien. Berlin 1990.
[11] Klaus Fuchs-Kittowski: Geist aus Materie – Philosophische und methodologische Positionen zum Verhältnis von künstlicher und natürlicher Intelligenz. In: Geissler, Tembrock (Hrsg.), Philosophische (wie Anm. 22), S. 39-66.
[12] Erhard Geissler, Robert H. Haynes (Hrsg.): Prevention of a Biological and Toxin Arms Race and the Responsibility of Scientists. Berlin 1991.
[13] Erhard Geissler, John P. Woodall (Hrsg.): Control of Dual-Threat Agents: The Vaccines for Peace. Oxford 1994.
[14] Ernst Peter Fischer, Erhard Geissler (Hrsg.): Wie viel Genetik braucht der Mensch? Die alten Träume der Genetiker und ihre heutigen Methoden. Konstanz 1994.
[15] Erhard Geissler, John E. van Courtland Moon (Hrsg.): Biological and Toxin Weapons Research, Development and Use from the Middle Ages to 1945. Oxford 1999.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

XVI. Kühlungsborner Kolloquium über „Vaccines for Peace – An Indepth Analysis“, Insel Vilm, 1995 [1, 2]

Es ist gut, dass Erhard Geissler auch nach der Wende die Tradition der Kühlungsborner Kolloquien mit anderen Trägern – dem Max Delbrück Center für Molekulare Medizin sowie mit Unterstützung der Volkswagen Stiftung – fortgesetzt und dabei auch die besonders für die Anfänge dieser Kolloquien charakteristischen Themen der biologischen Kriegsführung weitergeführt hat.[3, 4] Diese Kolloquien sollten der Stärkung der Konvention zum Verbot biologischer Waffen dienen.

Das schon zu dieser Thematik vor der Wende geplante XII. Kolloquium fand zwei Wochen vor der Wiedervereinigung statt. Es war die letzte wissenschaftliche Konferenz in der DDR. Wir können uns darüber freuen, dass die zur Zeit der DDR durchgeführten Kolloquien von Wissenschaftshistorikern hoch bewertet werden. So schreibt Clemens Burrichter: „Die technologische Herausforderung, insbesondere der zweiten Generation – Bio- und Gentechnologie – wurde in der DDR u. a. auf den Konferenzen in Kühlungsborn und Gatersleben thematisiert und diskutiert. Es handelt sich dabei – wie die Konferenzbände belegen – um interdisziplinäre Dispute zwischen Philosophen, Gesellschaftswissenschaftlern und Naturwissenschaftlern, an denen in der Regel auch ‚Kulturschaffende‘ beteiligt waren. Die Beiträge und Diskussionen fanden auf hohem fachwissenschaftlichem Niveau statt und können als seriöse Variante des ‚wissenschaftlichen Meinungsstreits‘ angesehen werden.“ [5] An einer weiteren Stelle heißt es: „H. Bielka und R. Hohlfeld haben sich im Rahmen ihrer Studie im Projekt der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften zum Thema ‚Wissenschaft und Wiedervereinigung‘ mit der Entwicklung der ‚Biowissenschaften‘ in der DDR beschäftigt. Auch sie haben die Kühlungsborner Kolloquien untersucht und konstatiert, dass ‚die molekularbiologische und biomedizinische Forschung außerhalb der direkten Einflussnahme durch das politische System‘ durchgeführt wurden.“ [6]

Von den Vorträgen auf dem Kühlungsborner Kolloquien möchte ich hier insbesondere auf den zum Thema: „Information, ihre Speicherung und Verarbeitung in biomolekularen Systemen“ auf dem ersten öffentlichen Kolloquium[7] und auf den gemeinsam mit Bodo Wenzlaff erarbeiteten Beitrag: „Zur Differenzierung der Information auf verschiedenen Ebenen der Organisation lebender Systeme“ hinweisen. Diese Beiträge legten den Grundstein für das später noch wesentlich differenzierter entwickelte „evolutionäre Stufenkonzept der Informa-

[1] Erhard Geissler: ProCEID: Program for Controlling Emerging Infectious Diseases. The ASA NEWSLETTER 95-2, 1, 16 (1995).
[2] Erhard Geissler, Graham S. Pearson: Growing support for ProCEID. The ASA NEWSLETTER 95-4, 1, 14 (1995).
[3] Erhard Geißler, Drosophila oder die Versuchung – Ein Genetiker der DDR gegen Krebs und Biowaffen, BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag, 2010.
[4] Erhard Geißler, 100 Jahre Anthrax – vom „Seuchenmittel“ zur „Massenverschwindungswaffe“. Die nachhaltige Wirkung von Desinformationen und Fehlinterpretationen, In: Fuchs-Kittowski, Frank/Kriesel, Werner (Hrsg.) Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt a. M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.
[5] Clemens Burrichter: Auf dem Weg zur „Produktivkraft Wissenschaft“. Essayistische Bemerkungen zu einer wissenschaftstheoretischen Untersuchung im Rahmen einer gesellschaftswissenschaftlichen DDR-Forschung. In: Clemens Burrichter, Gerald Diesener (Hrsg.): Auf dem Weg zur „Produktivkraft Wissenschaft“ (Beiträge zur DDR-Wissenschaftsgeschichte. Reihe B / Band 1. Leipzig 2002, S. 15-38, hier S. 29.
[6] Ebd., S. 33.
[7] Zu diesem Kolloquium möchte ich speziell anmerken, dass Ernst von Weizsäcker mit seinem Beitrag: „Unterschied zwischen genetischer und Shannonscher Information“ auf diesem Kolloquium wohl erstmals über sein, später auch mit C. F. von Weizsäcker auf einer Tagung der Leopoldine vorgetragenes, neues Informationskonzept sprach. Zum anderen ging es damals auch um brennende Fragen der Abrüstung, um die Nichtbewaffnung mit Chemiewaffen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

tion“[1] sowie für die zum Verständnis der Mensch-Maschine-Kommunikation wichtige Unterscheidung zwischen menschlicher (semantischer) und maschineller (syntaktischer) Informationsverarbeitung.[2, 3]

Aufgrund der gegenwärtig wieder besonderen Aktualität der ethischen Problematik der Gentherapie ist auch speziell auf das VII. Kühlungsborner Kolloquium: „Genetic Engineering und der Mensch“, 1979, mit dem Beitrag „Zu den modernen genetischen Technologien und das Verhältnis von Wissenschaft und Ethik, Wahrheit und Wert, Rationalität und Humanismus“ von Hans-Alfred Rosenthal, Sinaida Rosenthal und mir hinzuweisen. Diese ethischen Probleme standen in dem hier nun in digitalisierter Form wieder vorgelegten Buch noch nicht zur Diskussion.

Als Sinaida Rosenthal auf dem Kühlungsborner Kolloquium 1981 ihren Vortrag: „Nutzungsmöglichkeiten des ‚Genetic Engineering‘ für die Grundlagen und Anwendungsprobleme der Medizin“[4] hielt und sich an dem Beitrag von Hans-Alfred Rosenthal und mir beteiligte, war es ihr mit ihrer Gruppe erstmals in den sozialistischen Ländern gelungen, eine eukaryotische (Karpfen) Gensequenz in Bakterien zu klonieren und zur Biosynthese von Proinsulin zu nutzen.[5, 6] Die Klonierung wurde von Hartmut Liebscher und Charles Coutelle in London durchgeführt.[7]

Ich glaube, es ist ein wesentlicher Unterschied für die Diskussion ethischer Probleme, sich als experimentell arbeitender Naturwissenschaftler und Mediziner zu fragen, ob man wirklich tun soll bzw. darf, was man plötzlich praktisch machen kann, oder ob man als Philosoph und Ethiker darüber reflektiert. Ich bin auf jeden Fall sehr froh, das echte Ringen dieser verantwortungsbewussten Wissenschaftler beider Generationen, die konkrete Entscheidungssituation in der Sinaida Rosenthal und so viele Jahre später ihr Sohn André Rosenthal standen, miterlebt, theoretisch wie in den persönlichen Konsequenzen begleitet zu haben.[8]

Mit der Entwicklung der CRISPR-Cas-Methode durch Emmanuelle Charpentier, mit den sogenannten Gen-Scheren (TALENs), die bestimmte Stellen im Erbmolekül DNA genau erkennen und diese exakt schneiden, eröffnen sich neuen Möglichkeiten zur Gentherapie. Damit ist die Verantwortung der Molekularbiologen noch gestiegen.

---

[1] Information und Biologie: Informationsentstehung – eine neue Kategorie für eine Theorie der Biologie. – In: Biochemie – ein Katalysator der Biowissenschaften. Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 20. November 1997 anläßlich des 85. Geburtstages von Samuel Mitja Rapoport. Sitzungsberichte der Leibnitz-Sozietät. Berlin, Leibniz-Sozietät, 22(1998)3. S. 5-17.

[2] Klaus Fuchs-Kittowski, Ernst Mühlenberg: Die Unterscheidung von semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitung als Grundlage für die Gestaltung von EDV-Anwendungssystemen. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. Reihe XXV (1976) 2.

[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Lemgo, Ursula Schuster und Bodo Wenzlaff): Man/Computer Communication: A Problem of Linking Semantic and Syntactic Information Processing. – In: Workshop on Data Communications, International Institute for Applied Systems Analysis, September 15-19, 1975 CP-76-9, 2361, Laxenburg, Austria. 1975. S. 169-188.

[4] Rosenthal, S. (1981): Nutzungsmöglichkeiten des „Genetic Engeneering“ für die Grundlagen- und Anwendungsprobleme der Medizin, in Genetik Engeneering und der Mensch, Akademie Verlag, Berlin, S. 25-37.

[5] Rapoport, TA. Prehn, S., Tamalloukas, A., Coutelle, C., Liebscher, D. H., Huth, A., Rosenthal, S. Biosynthesis of proinsulin in the carp. Ann. N.Y. Acad. Scl. 343 (1980) 111-132.

[6] Markower, A., Dettmer, R., Rapoport, T., Knospe, S., Behlke, J., Prehn, S., Franke, P., Etzold, G., Rosenthal, S. (1982), Carp Insulin Amino Acid Sequence, Biological Activity and Structural Properties, Journal European Journal of Biochemistry, EUR J BIOCHEME, vol. 122, no 2, pp. 339-345.

[7] Liebscher, D. H., Coutelle, C., Rapoport, TA., Hahn, V., Rosenthal, S., Prehn, S., Williamson, R. Cloning of carp preproinsulin cDNA in the bacterial plasmid pBR 322, Gene. 1980 9 (3-4): 233-246.

[8] Klaus Fuchs-Kittowski, Philosophische und ethische Probleme der modernen Biologie und Medizin – sowie: „Ein alter Streit, der seit Jahrzehnten schwelt ...“ Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 121 (2014), S. 81-95 der Wissenschaften zu Berlin.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 8. Weiterentwicklung der mathematischen Grundlagen der Kybernetik

Es sei noch angemerkt, dass die in dem hier besprochenen Buch verwendeten regelungstechnischen/kybernetischen Begriffe und Überlegungen weitgehend auf Arbeiten von Manfred Peschel beruhen. Natürlich hat auch er in den folgenden Jahre weiter gearbeitet und insbesondere hat er, fußend auf der „Fuzzy Set Theorie“ von Lotfi A. Zadeh, das Gebiet der Fuzzy-Systeme weiter vorangetrieben und in der DDR verschiedene Anwendungsgebiete erschlossen.[1, 2, 3, 4]

Wer mehr über die weitere Entwicklung der Kybernetik in der DDR erfahren will, sei auf das von Frank Dittmann und Rudolf Seising herausgegebenen Buch: „Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR“[5] sowie auf die beiden Kolloquien der Leibniz-Sozietät und der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik, System- und Informationstheorie zum Gedenken an Georg Klaus verwiesen,[6; 7] sowie auch auf die Bücher.[8, 9]

Die in dem hier zur Diskussion stehenden Buch, auf der Grundlage eines Artikels mit Jens Reich[10], beschriebene Computersimulation von Stoffwechselregulationsprozessen stellt die allerersten Anfänge dar. Das Gebiet der Computersimulation ist natürlich mit der stürmischen Entwicklung der Bio-Kybernetik und Bio-Informatik heute wesentlich weiterentwickelt. In dem Gespräch zwischen Samuel Mitja Rapoport, Hans-Alfred Rosenthal und mir: „Die Biologie-Prognose 1966-1980. Ein Trialog“[11] stellt S. M. Rapoport für sich fest, dass er zunächst die Rolle des Computers für die biologische Forschung unterschätzt hatte. Sein Schüler Takred Schewe hat in seinem Artikel: „Neue Horizonte der biochemisch-molekularbiologischen For-

---

[1] Rudolf Seising, Die Fuzzifizierung der Systeme, Die Entstehung der Fuzzy Set Theorie und ihre ersten Anwendungen – Ihre Entwicklung bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts, Franz Steiner Verlag 2005.

[2] Seising, Rudolf: Manfred Peschel (1932-2002): Systemverhalten – Systemversagen. In: Friedrich Naumann, Gabriele Schade (Hrsg.): Informatik in der DDR – eine Bilanz. Tagungsband zu den Symposien 7.-9.10.2004, Chemnitz, 11.-12. 5. 2006, Erfurt, Bonn: Gesellschaft für Informatik (Lecture Notes in Informatics (LNI) Thematics Vol. T-1, 2007, S. 479-500.

[3] Seising, Rudolf: Kybernetik, Systeme, Polyoptimierung: Unscharfe Modellierung in der DDR. Eine historische Skizze zum Werk von Manfred Peschel. In: Dittmann, Frank, Seising, Rudolf (Hrsg.): Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR [= Information – Kommunikation – Organisation, Bd. 1], Berlin, trafo Verlag 2007, S. 43-79.

[4] Seising, Rudolf: „Erstaunliche Begebenheiten“ – Eckpunkte im Leben eines Wissenschaftlers der DDR. In: Hochschule Zittau/Görlitz (FH) Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik (Hrsg.): Betrachtungen zur Systemtheorie. Gedenkband zum Leben und Schaffen von Prof. Manfred Peschel. Zittau Großschönau 2003, S. 307-326.

[5] Frank Dittmann und Rudolf Seising (Hsgr.): Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR, trafo verlag, Berlin, 2007.

[6] Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Piotrowski (Hrsg.): Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften – Georg Klaus zum 90. Geburtstag, trafo verlag, Berlin.

[7] Klaus Fuchs-Kittowski, Rainer E. Zimmermann (Hrsg.): Kybernetik, Logik, Semiotik Philosophische Sichtweisen – Tagung aus Anlass des 100. Geburtstages von Georg Klaus, trafo Wissenschaftsverlag, Berlin 2015.

[8] Klaus Fuchs-Kittowski, Rainer E. Zimmermann (Hrsg.): Kybernetik, evolutionäre Systemtheorie und Dialektik, trafo verlag, Berlin.

[9] Wolfgang Coy, Peter Schirmbacher (Hrsg.): Informatik in der DDR – Tagung Berlin 2010, auf dem edoc-Server der Humboldt-Universität veröffentlicht. http://edoc.hu-berlin.de/conferences/iddr2010.

[10] Klaus Fuchs-Kittowski, Jens Georg Reich): Zur Darstellung von Regulationsprozessen des Zellstoffwechsels auf elektronischen Rechenautomaten. – In: Die elektronische Datenverarbeitung im Hochschulwesen. Rechentechnik/Datenverarbeitung 1. Beiheft, 1970. S. 53-58.

[11] Samuel Mitja Rapoport, Klaus Fuchs-Kittowski und Hans-Alfred Rosenthal – Die Biologie-Prognose 1966-1980. Ein Trialog. In: Christiane Floyd, Cristian Fuchs, Wolfgang Hofkirchner (Hrsg.): Stufen zur Informationsgesellschaft, Festschrift zum 65 Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main, 2002, S. 149-159.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

schung im Lichte der Revolution der Informationstechnologie zur Jahrhundertwende“[1] schöne Beispiele dafür angeführt, wie wichtig der Computer und auch speziell die Recherche auf großen Datenbanken für die biochemische und molekularbiologische Forschung geworden ist. Seine Arbeiten verdeutlichen auch weitere Entwicklungen auf dem Gebiet der Biochemie.[2, 3, 4]

Der Einsatz moderner IKT, die Anwendung der Modellmethode zur Vertiefung der theoretischen Erkenntnis biologischer Prozesse, wurde in der Biologie und Medizin der DDR verstärkt vorangetrieben. Ein wichtiges Beispiel dafür sind die späteren Arbeiten von S. M. Rapoport mit Reinhard Heinrich und Tom Rapoport[5] zur mathematischen Modellierung der Regulation des Zellstoffwechsels, die zu einer Kontrolltheorie des Zellstoffwechsels führten. Ein weiteres Beispiel ist auch die von meinem Bereich: „Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung“ an der Humboldt-Universität[6] gemeinsam mit der „Gesellschaft für physikalische und mathematische Biologie der DDR“, unter Leitung von Erhard Geissler, im Januar 1978 organisierte nationale Tagung mit internationaler Beteiligung, zum Thema: „Probleme der Informatik in Medizin und Biologie“.[7] Die Tagung wurde von über 300 Teilnehmern besucht.[8]

## 9. Die entschlüsselt des menschlichen Genoms – eine neue Etappe der Molekularbiologie

Natürlich ist nun in den Jahren von 1975 bis 2015 außerordentlich viel auf dem Gebiet der Molekularbiologie geschehen, was 1975 noch völlig unvorstellbar war.

Verwiesen sei hier nur auf die Differenzierung von embryonalen Stammzellen 1998, die entschlüsselt des Genoms des Fadenwurms Caenorhabditis elegans 1998, die erste Rohfassung der Entschlüsselung des menschlichen Genoms 2001 und den Abschluss der Arbeiten zum Genom des Menschen 2003.

---

[1] Takred Schewe, Neue Horizonte der biochemisch- molekularbiologischen Forschung im Lichte der Revolution der Informationstechnologie zur Jahrhundert wende. In: Christiane Floyd, Cristian Fuchs, Wolfgang Hofkirchner (Hrsg.): Stufen zur Informationsgesellschaft, Festschrift zum 65 Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main, 2002, S. 199-209.

[2] Tankred Schewe, (2003): Enzymatische Lipidperoxidation durch 15-Lipoxygenase-1. Flavonoide als Mikronährstoffe und ihre Wechselwirkungen mit Lipoxygenasen. In: Leibniz-Sozietät, Sitzungsberichte 58, 2: 81-100.

[3] Tankred Schewe, Oxidative stress: Plasma lipoprotein oxidation and the protective role of micronutrients,Leibniz Online 10/201, 1 Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e. V.
http://www.leibniz-sozietaet.de/journal/archive/10_11/01_Schewe1.pdf

[4] Tankred Schewe, Inhibition of endothelial NADPH oxidase as target of flavonoidsin nitric acid metabolism, Leibniz Online 10/201 1 Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e. V.
http://www.leibniz-sozietaet.de/journal/archive/10_11/02_Schewe2.pdf

[5] Rapoport T. A, Heinrich R. Mathematical analysis of multienzyme systems. I. Modelling of the glycolysis of human erythrocytes. Biosystems. 1975 July 7 (1):120-9. Heinrich R, Rapoport TA Mathematical analysis of multienzyme systems. II. Steady state and transient control. Biosystems. 1975 July 7; (1):130-6. Rapoport TA, Heinrich R, Rapoport SM The regulatory principles of glycolysis in erythrocytes in vivo and in vitro. A minimal comprehensive model describing steady states, quasisteady tates and time-dependent processes. Biochem J. 1976 Feb 15; 154 (2): 449-69. Heinrich, R., Rapoport, S. M. and Rapoport, T. A. (1977) Metabolic regulation and mathematical models Progr. Biophys. Mol. Biol. 32, 1-82.

[6] Klaus Fuchs-Kittowski, Edo Albrecht, Erich Langner, Dieter Schulze, Gründung: Entwicklung und Abwicklung der Sektion Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung/Wissenschaftstheorie und -organisation, in: Wolfgang Girnus, Klaus Meier (Hrsg.): Die Humboldt-Universität Unter den Linden 1945 bis 1990 – Zeitzeugen – Einblicke – Analysen, Leipziger Universitätsverlag, 2010, S. 155-197.

[7] Klaus Fuchs-Kittowski, Peter Gudermuth, Jürgen Adam, Ernst Mühlenberg: Probleme der Informatik in Medizin und Biologie, III. Wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung, Akademie- Verlag, Berlin, 1982.

[8] Klaus Fuchs-Kittowski: Philosophie, Kybernetik und Informatik – Georg Klaus: (Bio-) Kybernetik und Dialektik des Lebenden und Sozialen. In: Klaus Fuchs-Kittowski, Rainer Zimmermann (Hrsg.): Kybernetik, Logik und Semiotik – philosophische Sichtweisen – Zum 100. Geburtstag von Georg Klaus. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2015.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Aus der entscheidenden Erkenntnis aus der Entschlüsselung des Humangenoms, dass die Anzahl der menschlichen Gene viel geringer ist als zuvor angenommen, muss der Schluss gezogen werden, dass die vom molekularbiologischen Determinismus geprägte Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese zumindest stark modifiziert werden muss, wenn der Mensch nicht viel mehr Gene hat als das Würmchen C. Elegans.

Die Überwindung der mechanistischen Determinismuskonzeption durch eine dialektische Determinismuskonzeption, auch für die ontogenetischen Lebensprozesse, bekommt durch diese jüngsten Entwicklungen in der Molekularbiologie neuen Auftrieb, denn der so genannte genetische Determinismus war bis dahin fast ungebrochen.

Die Entschlüsselung des Humangenoms „Nature Feb. 2001“ hat eine wichtige Erkenntnis gebracht. Während bei den Prokaryonten die ca. 5000 Gene 5000 verschiedenen Eiweissmolekülen entsprachen, was zu der Hypothese einer Eins zu eins Korrelation zwischen Genom und Proteom (Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese) führte, hat der Mensch mit ca. 30.000 Genen ein Proteom von ca. 100.000 Proteinen.

Dies kommt einerseits zustande, dadurch, dass nach der Transkription eines menschlichen Gens die entstandene Prä-mRNA an definierten Stellen zerschnitten und die unterschiedlichen Stücke unter Weglassung einzelner Stücke durch Spleißen zu einer definierten mRNA wieder zusammengesetzt werden. So etwa, dass von einem DNA-Gen ca. drei oder vier verschiedene RNA- und damit ebenso viele unterschiedliche Eiweißmoleküle entstehen können. Außerdem erfahren die so entstandenen Eiweißmoleküle während oder unmittelbar nach ihrer Synthese auch noch unterschiedliche Modifikationen durch Anfügen von Zucker und anderen niedermolekularen Stoffen. Man rechnet also heute mit Genen, die vielleicht etwa 5 bis 10 verschiedene Proteine hervorbringen. Die verschiedenen Proteinmodifikationen variieren wahrscheinlich eine Grundfunktion nicht grundsätzlich, sondern wohl nur partiell. Es taucht natürlich die Frage auf, ob die Erweiterung der funktionellen Reichweite eines Gens bzw. der funktionelle Variabilität eines Gens in einem Zusammenhang mit der Frage der Informationsvermehrung oder vielleicht auch mit der Einflussnahme von Umweltfaktoren zu tun hat. Ich schlage vor, die Beantwortung dieser Frage für einige Zeit aufzuschieben, weil wahrscheinlich recht bald zur Frage der Regulation dieser Prozesse neue Erkenntnisse vorliegen werden. Ähnliches gilt übrigens auch für die Tatsache, dass die 30.000 menschlichen Gene und ihre unmittelbaren Regulationssequenzen für Transkription und Translation nur ca. 2% der 3 Millionen Basenpaare des menschlichen Genoms ausmachen. Wahrscheinlich wird man bald wissen, ob die restlichen 98% nur DNA-Vorrat für eine schnelle Verfügbarkeit von Bausteinen zur neuen DNA-Synthese sind oder ob sie vielleicht eine bisher völlig unbekannte Funktion dafür haben, wie im Verlauf der einzelnen Abschnitte der Ontogenese Gene aktiviert oder abgeschaltet werden.

Die Vorstellung, dass die genaue Kenntnis des Genoms und des Proteoms nun alle Geheimnisse des Lebens entziffern lassen, muss aber wohl aufgegeben werden, denn erst das Physionom würde alle Beziehungen der Gene und ihrer Produkte untereinander und mit den Umgebungsparametern beschreiben. Das Physiom ist das Ziel unserer Wissenssuche. Ob es uns jedoch erlauben wird, den einzelnen Augenblick des Lebens zu erfassen und in seinen Eigenschaften und Konsequenzen zu beschreiben, bleibt zweifelhaft. Genom und Proteom sind lediglich Ausgangspunkte und Zwischenstationen auf diesem Weg.

Mit Hans Alfred Rosenthal und André Rosenthal, der die deutsche Forschergruppe bei dem internationalen Human-Genom-Projekt geleitet hatte, entstand in jüngerer Zeit eine relativ umfangreiche Arbeit zu den „Ambivalenten Auswirkungen der Human-Genom-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Entschlüsselung auf Wissenschaft und Gesellschaft“.[1, 2, 3] Der aufmerksame Leser wird bei den theoretischen Darlegungen, in den Eingangs- und Abschlussthesen, merken können, wie stark wir dabei auf philosophisch-methodologische Grundsätze zurückgreifen, die im vorliegenden Buch erarbeitet wurden. Dies gibt mir den Mut, die eingangs aufgeworfene Frage für mich positiv zu beantworten.

## 10. Zum Doppelcharakter der Information

Alexander von Humboldt hat in seiner Eröffnungsrede auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1828 in Berlin jedoch eine wichtige Warnung, gerade auch für meine Situation, ausgesprochen:

„Die Masse der Zweifel wird nicht gemindert, sie verbreitet sich nur wie ein beweglicher Nebelduft über andere und andere Gebiete. Wer golden die Zeit nennt, wo Verschiedenheit der Ansichten, oder wie man sich wohl auszudrücken pflegt, der Zwist der Gelehrten geschlichtet sein wird, hat von den Bedürfnissen der Wissenschaft, von ihrem ratlosen Fortschreiten, ebenso wenig einen klaren Begriff als derjenige, welcher in träger Selbstzufriedenheit, sich rühmt, in der Geognosie, Chemie oder Physiologie, seit mehreren Jahrzehnten dieselbe Meinung zu verteidigen.“[4]

Wenn es mir auch nicht möglich ist, jede in diesem Buch geäußerte These dahingehend zu überprüfen, inwieweit sie durch den rastlosen Fortschritt des wissenschaftlichen Denkens schon überholt wurde, so will und muss ich wenigstens darauf verweisen, dass es zumindest einen philosophisch und naturwissenschaftlich wichtigen Punk gibt, in dem ich heute eine andere Auffassung habe, als die in diesem Buch vertretene. Dies wurde schon von Hans Alfred Rosenthal aufgedeckt und in seinem Artikel in der Festschrift zu meinem 65. Geburtstag: „Zu einem Aspekt der genetischen Information: Geist und Materie in der frühen biologischen Evolution“ genauer dargestellt.

Es hat mit unserem Verständnis der Information zu tun. Die Information hat einen Doppelcharakter: als Codierung (Syntax) ist sie materiell, als Bedeutung (Semantik) ist sie ideell. Auf S. 427 der 1976 erschienenen zweiten Auflage werfe ich G. Schramm noch vor, dass er Materialismus und Idealismus zu versöhnen sucht, indem er Geistiges bzw. Ideelles schon auf niederer Stufe der Materie voraussetzt. Ganz offensichtlich wurde ein geistiges Prinzip auf dem Niveau einzelliger Lebewesen von mir 1976 noch nicht gesehen. Das weitere Nachdenken über die Frage der Entstehung der Information machte uns klar, dass bei der Herausbildung der genetischen Information schon eine Art Semantik wirksam gewesen sein muss und bis heute wirkt.[5]

Zum Glück habe ich also auch bestimmte philosophische Grundthesen korrigiert.

---

[1] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans A. Rosenthal & André Rosenthal: Die Entschlüsselung des Humangenoms – ambivalente Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. – In: Erwägen, Wissen, Ethik – Streitforum für Erwägungskultur. (2003). Hauptartikel, S. 149-162; Replik Geistes- und Naturwissenschaften im Dialog, S. 219-234.

[2] Klaus Fuchs-Kittowski, André Rosenthal, Hans A. Rosenthal: Ambivalenz der Auswirkungen humangenetischer Forschungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. – In: Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005. Hrsg. v. Klaus Fischer und Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 95-119.

[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Hans A. Rosenthal, André Rosenthal, Die Entschlüsselung des Humangenoms. Ambivalente Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 92, Jahrgang 2007, S. 7-22.

[4] Alexander von Humboldt, 1828. Rede, gehalten bei der Eröffnung der Versammlung deitscher Naturforscher und Ärzte, am 18. September 1828. Königliche Akademie der Wissenschaften, Berlin: 9 S.

[5] Hans Alfred Rosenthal, Zu einem Aspekt der genetischen Information: Geist und Materie in der frühen biologischen Evolution, in: Christiane Floyd, Christian Fuchs, Wolfgang Hofkirchner (Hrsg.): Stufen zur Informationsgesellschaft – Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main, Wien, 2002, S. 225-232

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 11. Es gibt immer neue Entwicklungsmöglichkeiten

Mit einer materialistischen und dialektischen Determinismus- und Entwicklungskonzeption wurde klar, dass es auch für die Gesellschaftsentwicklung alternative Möglichkeiten gibt. Außer der Entwicklung zum Sozialismus gibt es eben auch die reale Möglichkeit des Atomkriegs, den es auf jeden Fall zu verhindern galt, aber eben auch die Möglichkeit des Zerfalls, der Implosion des Staatssozialismus, was in der Tat von uns 1976 nicht mitgedacht wurde.

Gerade die Erkenntnis dieser realen anderen Möglichkeit eines Atomkriegs war der entscheidende Impuls dafür, sich vehement gegen das Wettrüsten zu wenden und für die Überwindung des Kalten Krieges einzutreten, die eine entscheidende Voraussetzung für die Wiedervereinigung war.

Die Entwicklung hat in der Tat gezeigt, dass auch das Scheitern zu dem Feld an Möglichkeiten gesellschaftlicher Entwicklung gehört.

Das Scheitern des Frühsozialismus in der DDR führt natürlich zu der berechtigten Frage, wie weit damit nicht auch die in dieser Zeit entstandenen philosophischen Arbeiten, die sich auf die von Marx und Engels sowie Lenin begründete Philosophie gründeten, diskreditiert und überholt sind. Sicher lässt sich hierzu auch vieles Kritisches sagen und muss neu überdacht werden. Dies kann aber in einem Geleitwort nicht bewerkstelligt werden. Die in diesem Buch dargelegten philosophisch-erkenntnistheoretischen und methodologischen Probleme sind m. E. jedoch zu unterscheiden von den gescheiterten ökonomischen Theorien und Dogmen des Staatssozialismus. Sie sind, wie ich zu zeigen versuche, so weit wie möglich im internationalen wissenschaftlichen Meinungsstreit geprüft worden.

Aus der diskutierten Determinismus- und Entwicklungskonzeption ergibt sich, dass es immer neue Entwicklungsmöglichkeiten gibt. Dies gilt ebenfalls für die Gesellschaftsentwicklung.

Da entgegen der seiner Zeit von P. Jordan[1], [2] vertretenen, aber auch heute zu hörenden Meinung, dass es nur wissenschaftlich-technischen, aber keinen sozialen und ethischen Fortschritt gibt, doch auch soziale Entwicklung gemeinsam mit der wissenschaftlich-technischer Entwicklung voranzutreiben ist, gehört mehr als nur die Hoffnung auf eine bessere Gesellschaft in das reale Möglichkeitsfeld einer modernen Gesellschaftsentwicklung. Ohne sozialen und ethischen Fortschritt wird es angesichts des Anwachsens des ungeheuren Potentials an Destruktivkräften auch keine wissenschaftlich-technische Weiterentwicklung zum Wohle der Menschen geben. Es gilt daher die reale Möglichkeit zu verwirklichen: Auf der Grundlage einer intensiven Vernetzung der Interaktionen der Menschen untereinander, unterstützt durch weltweite sozio-technische Informations- und Kommunikationssysteme, schrittweise eine Informations- und Kommunikationsgesellschaft für alle herauszubilden, deren Art und Weise der Wertschöpfung auf der Entfaltung der Kreativität der Menschen, auf einem tieferen Verständnisses ihres Menschseins – als Mensch unter Menschen – beruht.[3]

[1] Pascual Jordan, Der Gescheiterte Aufstand, Vittorio Klostermann, Frankfurt am Main, 1957.

[2] Diese These von P. Jordan, dass es nur technischen und keinen sozialen und moralischen Fortschritt gibt, war speziell gegen C. F. von Weizsäcker und Max Born gerichtet, gegen alle achtzehn Unterzeichner des Göttiger Appells, mit dem sich diese führenden deutschen Atomforscher gegen eine deutsche atomare Aufrüstung wendeten und erklärten, sich selbst nicht daran zu beteiligen.

[3] Klaus Fuchs-Kittowski, Informatik und Gesellschaft aus meiner Sicht: In: Fuchs-Kittowski, Frank/Kriesel, Werner (Hrsg.) Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski Frankfurt a. M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## Annotation

Ich Danke Prof. Erhard Geissler, Dr. Rudolf Seising und Dr. Frank Dittmann für die kritische Durchsicht und wichtige Hinweise für die Erarbeitung dieses neuen Vorworts zur digitalisierten Ausgabe des Buches.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

*Tatsachen und Hypothesen über das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus.*

Zweite, überarbeitete und erweiterte Auflage. Mit 31 Abbildungen im Text

VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1976

Gewidmet meiner Frau und meinem Großvater

## Geleitwort

Die Geschichte der Wissenschaften weist Zeiten großer Philosophierfreudigkeit, aber auch solche heftiger Abneigung gegen das Philosophieren auf. Jeder große Umbruch wissenschaftlicher Konzeptionen ist mit einem Ausbruch philosophischer Konzeptionen verknüpft. Als die moderne Physik sich herausbildete, gab es kaum einen Physiker, der sich nicht gezwungen fühlte, philosophische Grundfragen zu erörtern. Eine analoge Situation besteht heute in der Biologie, die sich in einer revolutionären Phase befindet; wiederum wird es zum zwingenden Bedürfnis, philosophische Fragen im Lichte der vertieften Erkenntnisse neu zu durchdenken und zu präzisieren.

Sind es dieselben Fragen, die immer wieder zur Diskussion gestellt werden? Die meisten Darstellungen der Geschichte der Philosophie erwecken den Eindruck, als ob dies der Fall wäre. Wenn auch ein wahrer Kern in einer solchen Ansicht stecken mag, so bleibt doch die Frage, was denn das Neue sei, das die philosophischen Auseinandersetzungen immer wieder anfacht und ihnen ständig wechselnde Aspekte gibt. Offensichtlich ist es der Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnisse, der ständig dazu zwingt, bisherige Begriffe zu überprüfen. Hier ist die Domäne des Philosophen, durch erkenntnistheoretische Analyse der Beziehungen, Grenzen und Widersprüche von Begriffen dem Naturwissenschaftler bei der Bewältigung neuer Entwicklungen zu helfen und auf diese Weise das Bündnis der marxistischen Erkenntnistheorie mit den Naturwissenschaften zu verwirklichen. Ein wesentliches Merkmal des stürmischen Fortschritts unserer Erkenntnisse ist es, daß Probleme, die jahrtausendelang als rein philosophische galten, weil ihre konkrete Erforschung nicht auf der Tagesordnung der wissenschaftlichen Tätigkeit stand und man sich daher mit allgemeinen und unbestimmten Antworten begnügen mußte, heute gleichzeitig Gegenstand der wissenschaftlichen, überwiegend experimentellen Klärung und der philosophischen Auseinandersetzung darstellen.

Wodurch ist die Revolution in der Biologie gekennzeichnet? In erster Linie – und hier ist eine weitgehende Analogie zur Physik gegeben – ist sie dadurch bestimmt, daß die elementaren Grundlagen der biologischen Prozesse der Analyse und Synthese zugänglich wurden. Die uralten Probleme, was Leben sei, worin seine Spezifik bestehe, wie seine Bestimmtheit zustande komme, durch welche Mechanismen die Qualität des Neuen entstehen könne, sind heute durch die modernen Methoden der Molekularbiologie unmittelbare Forschungsgegenstände geworden.

[8] Diese Erkenntnisse haben mit dazu beigetragen, die allgemeine Definition des Materiebegriffes zu erweitern. Die Materie ist nicht nur durch ihre stoffliche Natur und ihre Bewegtheit, sondern auch durch ihre Strukturiertheit als allgemeine und durchgehende Eigenschaft auf allen Stufen ihrer Organisation gekennzeichnet. Eine der erkenntnistheoretischen Kardinalfragen betrifft die Beziehung von Determiniertheit zur Problematik des Entstehens neuer Qualitäten. Auf dem Gebiet der Vererbung hat der Determinismus höchste Triumphe gefeiert. Die Information, welche alle Eigenschaften eines Bakteriums, einer Zelle oder eines höheren Organismus bestimmt, scheint vollständig in der exakten Reihenfolge von Basen der Desoxyribonukleinsäure enthalten zu sein. Somit wäre man zwangsläufig zu einem Präformismus zurückgekehrt, der zunehmende Schwierigkeiten für das Verständnis der Evolution

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

bereitet. Die Vorstellung, daß Einzelmutationen oder auch unkoordinierte genetische Austauschprozesse für den Mechanismus der Evolution ausreichen, begegnet wachsender Skepsis, um so mehr, wenn man daran denkt, daß es nicht darum geht, einzelne Eiweiße mit neuen Eigenschaften entstehen zu lassen, sondern um den Erwerb von koordinierten und geregelten Stoffwechselketten, die selbst im einfachsten Fall eine größere Zahl von Genen umfassen. Es erhebt sich das Postulat nach großen qualitativen Sprüngen, in denen nicht eine Vielzahl von Einzelvariationen erprobt wird, sondern eine koordinierte Veränderung eintritt, wobei ganze Genkomplexe neu auftreten. Solche Veränderungen könnten möglicherweise in einem Wechselspiel mit den Einflüssen der Umgebung zustande kommen.

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der grundlegenden Strukturiertheit der Materie und dem Begriff der Information als universeller Eigenschaft von Systemen. Aus der Strukturiertheit der Materie folgt, daß von vornherein den Variationsmöglichkeiten Schranken gesetzt sind. Genauso wie wir an Stelle von beliebig kleinen Elementarteilchen und Energiemengen feste Quanten setzen müssen und an Stelle von beliebigen Orten eines Elektrons solche, die durch Quantenzahlen gegeben sind, sind von beliebigen Konfigurationen eines Moleküls nur eine kleine Anzahl genügend stabil, um höhere Strukturen zu bilden. An Stelle unendlich vieler räumlicher Anordnungen von Nukleinsäuren und Eiweißen ist nur eine sehr begrenzte Zahl durch die ihnen innewohnenden Beziehungen mit der Stabilität lebender Systeme vereinbar. Somit ergibt sich auf jeder Entwicklungsstufe der Materie durch die für sie eigentümlichen Strukturen eine natürliche Auslese der Möglichkeiten, die auf einer niedrigeren Organisationsstufe noch denkbar sind. Damit wächst aber auch der Informationsgehalt. So ist auch die Gabe, Information aufzunehmen und weiterzugeben, zwar beim Menschen auf das höchste vervollkommnet, aber in ihren Elementen schon auf den niedersten Stufen der Organisation der Materie vorhanden.

Eine zweite weitreichende Entwicklung in der Biologie betrifft die wachsende Erkenntnis, daß auf allen Stufen in biologischen Systemen Regelungen wirken. Ihre Mechanismen sind verschieden im molekularbiologischen Bereich, im Stoffwechsel, auf genetischer Ebene, im Verhalten ganzer Organis-[9]men und von Populationen. Die ungeheure Entwicklung von Theorie, Praxis und Technik der Regelung hat uns mit einer an sich alten Frage, die schon bei DESCARTES auftritt, in völlig neuer Gestalt und mit großer Schärfe konfrontiert. Worin besteht der Unterschied zwischen Mensch und Maschine? Worin unterscheiden sich die Regelungen an biologischen und maschinellen Systemen? Ist die Fähigkeit der Anpassung, des Lernens, nur dem Leben eigentümlich? Und wiederum ist der Philosoph aufgerufen, in diesem Gelände, in dem sich Informationstheorie, Regelungstechnik, Biologie und Psychologie überschneiden, durch Überprüfung und Präzisierung der Fragestellungen und Begriffe seinen Beitrag zu leisten sowohl zur Weiterentwicklung der Erkenntnistheorie als auch der Einzelwissenschaften.

Unser Freund FUCHS-KITTOWSKI hat in der vorliegenden Schrift zu diesen brennenden Problemen, die in vieler Hinsicht Neuland darstellen und deren Schwierigkeitsgrad bedeutend ist, sowohl der Philosophie als auch der Naturwissenschaft große Dienste erwiesen. Die Partnerschaft von Philosophie und Naturwissenschaft erfordert vom Philosophen ein tiefes Eindringen in Arbeitsprobleme, Methoden und Erkenntnisse der Einzelwissenschaft. Vermag er in mehrere Einzelwissenschaften einzudringen, so vervielfachen sich die begrifflichen Querverbindungen, und dementsprechend erhöhen sich der Verallgemeinerungsgrad und die Relevanz seiner Aussagen. FUCHS-KITTOWSKI hat mit großer Gründlichkeit die biologischen und die regelungstheoretischen fachspezifischen Probleme studiert. Wir hoffen, daß ein großer Leserkreis mit Dankbarkeit Gewinn aus den Ergebnissen der vorliegenden tiefschürfenden und anregenden Studie schöpfen wird.

Berlin, den 19. Dezember 1968 S. RAPOPORT H. LEY

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## Vorwort zur 1. Auflage

Die Exaktheit einer Wissenschaft ist nicht allein durch den Grad der Anwendung der Mathematik bestimmt, sondern durch den Grad der Erkenntnis und Beherrschung der von ihr zu untersuchenden objektiven Gesetzmäßigkeiten. Wenn wir also dem Gedanken KANTS, „daß in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist“ nicht in seiner Absolutheit folgen, so ist es doch eine erregende Aufgabe unserer Zeit, genauer zu untersuchen, welche neuen Möglichkeiten der Biologie und der Wissenschaft überhaupt durch das Eindringen der Kybernetik, der Mathematik sowie der modernen Rechen- und Datenverarbeitungstechnik geboten werden.

Die immer stärkere Mathematisierung ist ein charakteristischer Zug der modernen Wissenschaftsentwicklung.

Der Weg der biologischen Erkenntnis führt, vom Ganzen ausgehend, über die Analyse der Teile wieder zur Resynthese. Will man die Lebensprozesse ganz erfassen, muß das System analytischer Methoden durch ein System analytisch-synthetischer Methoden ergänzt werden. Hier tritt heute die Methode der Modellierung, insbesondere der mathematischen Modellierung auf Rechenautomaten als universellen Modellen immer stärker hervor. Die Technologie der modernen elektronischen Rechen- und Datenverarbeitungstechnik eröffnet Wege zur Simulation komplizierter Lebensprozesse sowie zur Simulation deduktiv logischer und induktiv stochastischer Denkprozesse.

Daraus ergibt sich ein Grundproblem der modernen Wissenschaft. Es ist die Frage nach dem Verhältnis des – in seinen funktionellen Verhaltensweisen bestimmten mathematisch-logischen Operationen isomorphen bzw. homomorphen – technischen Automaten zum lebenden Organismus und zum schöpferisch tätigen Menschen. Im engen Zusammenhang mit der wissenschaftlich-technischen Revolution, der Entwicklung der Kybernetik und der Informationstheorie eröffnen sich also der biologischen Forschung neue experimentelle Möglichkeiten; es entstehen neue theoretische Konzeptionen, neue Forschungsgebiete und neue Berührungspunkte mit anderen Wissenschaften, insbesondere mit der Technik und Mathematik. In der hier vorgelegten Arbeit soll auf diese neuen Möglichkeiten, Konzeptionen und Berührungspunkte hingewiesen werden. Es soll gezeigt werden, daß ein Teil der Automaten- bzw. regelungstheoretischen Verfahren und Denkmethoden allgemeingültig ist, also auch außerhalb der Technik im Bereich der Biologie Anwendung finden kann.

[12] Primär geht es nicht um die konkrete Analyse bestimmter biologischer Funktionssysteme, sondern um den Versuch zu zeigen, wie biokybernetische (insbesondere regel- und informationstheoretische) Gedankengänge einen Beitrag zur Lösung entscheidender theoretischer Probleme der Biologie leisten können und wie durch diese Betrachtungsweise gleichzeitig eine Reihe völlig neuer Fragestellungen aufgeworfen wird. So konnten z. B. viele für das lebende System charakteristische Verhaltensweisen, die vom Vitalismus als einer naturwissenschaftlichen Erklärung nicht zugänglich angesehen wurden, wie der scheinbare Gegensatz zwischen dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und der Evolution lebender Systeme durch die Theorie offener Systeme geklärt werden. Die Erhaltung von Zuständen hoher Unwahrscheinlichkeit und der Übergang zu unwahrscheinlicheren Zuständen sind im Rahmen der gegenwärtigen Theorie erlaubt, und damit ist die behauptete Verletzung physikalischer Gesetze in lebenden Systemen widerlegt. Jedoch die Erklärung dessen, was wirklich geschieht, erfordert wahrscheinlich die Erkenntnis neuer weiterführender Gesetzmäßigkeiten. Wie deutlich zu werden beginnt, scheint eine Synthese der irreversiblen Thermodynamik offener Systeme und der Informationstheorie mit dem Verständnis für die DNS als Träger genetischer Informationen, die sich im Laufe der Evolution vermehren, notwendig zu werden, will man zu einem naturwissenschaftlichen Verständnis der biologischen Evolution gelangen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Daraus leitet sich die Auffassung ab, daß, selbst wenn die Biologie sich vollständig als ein Teil der Physik und Chemie erweisen sollte, sie sich nicht auf diese reduzieren lassen wird, denn wie oben angedeutet, bildet ihr theoretischer Kern eine spezifische Synthese mehrerer physikalischer Theorien. Darüber hinaus wird die These vertreten, daß die in der biologischen Bewegungsform der Materie offensichtliche Entwicklung von der Unordnung zur Ordnung nicht so sehr durch äußere Einflüsse bestimmt ist, da diese eher zur Unordnung führen, als durch das innere Wesen des lebenden Systems selbst – durch spezifisch biologische Gesetze. Es geht hier also vor allem um den Nachweis, daß zwischen lebender und nichtlebender Materie keine undurchdringliche Grenze besteht und doch die Auffassung vertretbar ist, daß lebende Systeme auf Grund ihres von technischen Systemen qualitativ unterschiedenen Materials sowie ihrer besonderen Struktur und Dynamik auch zu qualitativ neuen Verhaltensweisen befähigt sind, die sich nicht völlig auf heute existierende technische Automaten, mögen sie auch noch so kompliziert sein, reduzieren lassen. Damit in engem Zusammenhang steht die Frage nach dem Verhältnis von Struktur und Funktion, die Frage, ob geordnete Strukturen oder dynamisch geordnete Prozesse (Strukturen, die selbst Prozeß sind) als letzte Grundlage der Lebenserscheinungen aufzufassen sind. Es wird damit weiterhin die Frage aufgeworfen nach dem Verhältnis der molekularen zur integrativen bzw. organismischen Biologie. Sie werden in dieser Arbeit als zwei notwendige komplementäre Betrachtungsweisen bzw. dialektisch miteinander zu vereinende Forschungsrichtungen angesehen.

[13] Nur in einer echten Gemeinschaftsarbeit von Technikern, Mathematikern, Physikern, Chemikern, Biologen, Philosophen, Psychologen, Juristen, Soziologen und Medizinern wird es möglich sein, die Gemeinsamkeit, aber auch die Unterschiede technischer, biologischer und gesellschaftlicher Regelungsprozesse herauszuarbeiten, wird es möglich sein, der Spezifik biologischer Regelungsprozesse und insbesondere der schöpferischen Funktion des Menschen oder von Gemeinschaften von Menschen in gesellschaftlichen Informations- und Regelungsprozessen voll gerecht zu werden.

Die hier vorgelegte Konzeption enthält bei aller Berücksichtigung empirischer Befunde gedanklich-konstruktive und auch eine Reihe hypothetischer Elemente. In der Aufstellung von Hypothesen, der Analyse verschiedener denkmöglicher Lösungswege, sieht der Verfasser eine wesentliche Aufgabe philosophischer Überlegungen auf dem Gebiet der Naturwissenschaften. Zur Aufgabe der Philosophie gehört es vor allem auch, die Einzelwissenschaften durch Klärung der Begriffe und durch die Erarbeitung oder den Hinweis auf interdisziplinär verwendbare Denkansätze zu fördern. So wird hier der Versuch unternommen, die interdisziplinäre Konzeption der Kybernetik und Informationstheorie, aber auch allgemeingültige Denkansätze aus dem Bereich der Quantenphysik und der dialektisch-materialistischen Philosophie speziell für die Molekularbiologie fruchtbar werden zu lassen.

Ein Autor, der sich diese Aufgabe stellt und die hier aufgeworfenen Probleme diskutieren will, müßte ebenso Physiker wie Biologe, Kybernetiker, Informationstheoretiker, Biophysiker, Biochemiker, Genetiker und Philosoph sein. Es ist für jeden offensichtlich, daß es beim heutigen Stand der Wissenschaft, der außerordentlichen Spezialisierung der einzelnen Disziplinen, für einen einzelnen gar nicht möglich sein kann, auch nur eines der genannten Gebiete voll zu überblicken. Daher muß der hier unternommene Versuch von vornherein als äußerst gewagt erscheinen. Der Verfasser ist sich der Schwächen und Unzulänglichkeiten, die einem solchen Unterfangen anhaften müssen, voll bewußt. Doch macht gerade die zunehmende Spezialisierung andererseits den Versuch einer Synthese wenn auch immer schwieriger, so auch immer dringlicher. Den Aufschwung der wissenschaftlichen Entwicklung in unserem Jahrhundert danken wir nicht einigen wenigen Universalgelehrten, sondern der wachsenden Anzahl hochspezialisierter Forscher. Zur gleichen Zeit beginnt jedoch die Kybernetik durch die Herausarbeitung gemeinsamer Strukturen und die Ausarbeitung ge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

meinsamer Methoden die Isolierung der verschiedenen Spezialgebiete zu überbrücken, dies in einem Maße, wie bisher keine andere Einzelwissenschaft. Hierdurch wurde eine wechselseitige Anregung der verschiedenen Wissenschaftszweige ermöglicht. Diese objektive Tendenz zur Synthese in der modernen Wissenschaft hat der Philosoph mit seinen Mitteln zu fördern; schon GOETHE hob hervor:

„Ein Jahrhundert, das sich bloß auf die Analyse verlegt und sich vor der Synthese gleichsam fürchtet, ist nicht auf dem rechten Wege; denn nur beide zusammen ... machen das Leben in der Wissenschaft!“

[14] Wenn der Verfasser in dieser Richtung arbeiten konnte, so verdankt er dies den ständigen Diskussionen im Kreise der Aspiranten des Lehrstuhls für philosophische Fragen der Naturwissenschaften unter Leitung von Herrn Professor HERMANN LEY und den wegweisenden Anregungen durch Herrn Professor S. M. RAPOPORT. Ihnen, meinen Lehrern, bin ich zu tiefem, innigem Dank verpflichtet. Für zahlreiche wertvolle Hinweise fühlt sich der Verfasser ebenfalls dankbar verpflichtet Herrn Professor KLAUS FUCHS, Herrn Professor HERBERT HÖRZ, Herrn Professor MANFRED PESCHEL, Herrn Dr. habil. GUNTER SCHWARZE und Herrn Dr. HANS-ALFRED ROSENTHAL.

Es sei jedoch hervorgehoben, daß keiner der Genannten eine auch nur partielle Verantwortung für das in diesem Buch Dargestellte trägt.

Zu danken habe ich auch vor allem meiner Frau, Dr. MARLENE FUCHS-KITTOWSKI, für viele Mühen, die sie auf sich nahm. Weiterhin danke ich Frau SCHWARZ für die schreibtechnischen Arbeiten sowie Frau PLOOG, Herrn Dipl.-Math. TSCHIRSCHWITZ, dem VEB Gustav Fischer Verlag, Jena für die Unterstützung bei der endgültigen Gestaltung der Abhandlung.

Die Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie sowie das für die moderne Wissenschaft grundlegende Problem des Unterschieds zwischen technischem Automaten und lebendem Organismus bedürfen sicher noch der weiteren Diskussion, daher ist der Verfasser für jeden zustimmenden und kritischen Hinweis dankbar.

Berlin, Januar 1968 KLAUS FUCHS-KITTOWSKI

[15]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## Vorwort zur 2. Auflage

Es freut mich sehr, daß die freundliche Aufnahme, die dieses Buch gefunden hat, eine erweiterte Neuauflage ermöglicht.

Mehrere Rezensenten heben hervor, daß die philosophischen Konsequenzen aus der Revolution in der Physik sehr bald, vor allem von den führenden Physikern selbst, diskutiert worden sind, daß dagegen die Diskussion der philosophischen Probleme der Molekularbiologie, der erkenntnistheoretischen und ethischen Konsequenzen aus der Revolution in der Biologie bisher noch nicht recht in Gang gekommen sei. Diese Situation hat sich in jüngster Zeit grundlegend geändert. Führende Molekularbiologen haben die wissenschaftstheoretische, wissenschaftshistorische Bedeutung der Entwicklung in der Biologie herausgearbeitet und philosophisch-weltanschauliche, methodologisch-erkenntnistheoretische sowie ethische Konsequenzen deutlich werden lassen. So haben z. B. zwei der drei französischen Biologen, die für ihre gemeinsame Arbeit 1965 mit dem Nobelpreis für Physiologie und Medizin ausgezeichnet wurden, wesentliche Werke zu den philosophischen Problemen ihrer Wissenschaft geschrieben: FRANÇOIS JACOB „Die Logik des Lebenden – Von der Urzeugung zum genetischen Code“ und JACQUES MONOD „Zufall und Notwendigkeit – Philosophische Fragen der modernen Biologie“. Hervorgehoben seien hier auch die packende Geschichte der Aufklärung der DNS-Struktur, wie sie von J. D. WATSON in seinem wissenschaftshistorisch besonders interessanten Buch „Die Doppel-Helix“ geschildert wird, und das von CAIRNS, STENT und WATSON zu Ehren von MAX DELBRÜCK herausgegebene Werk „Phagen und die Entwicklung der Molekularbiologie“ sowie die übersichtliche Darstellung biologischer Entwicklung von S. E. LURIA „Leben – das unvollendete Experiment“.

Es war natürlich nicht möglich, die sich vollziehende Diskussion bei der Neuauflage in ihrer ganzen Breite zu berücksichtigen, im wesentlichen wurde eine Vertiefung der zuvor in diesem Buch schon aufgeworfenen Probleme angestrebt. Dies war möglich, da die weitere Diskussion zeigte, daß mit der Behandlung der Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie wesentliche, durch die Entwicklung der Molekularbiologie aufgeworfene philosophische Probleme herausgearbeitet werden.

Keine Philosophie konnte und kann die Diskussion des Problems des Lebens, die Frage nach seiner Herkunft und seinem Wesen umgehen, weil es von entscheidender Bedeutung für das Verständnis des Menschen selbst ist. [16] Durch die Lösung dieses Problems kann ein wesentlicher Beitrag geleistet werden zu einer der entscheidenden Aufgaben der Philosophie, zur Klärung der Stellung des Menschen in der Welt. Schon immer bewegten den Menschen die Fragen, woher er komme, wohin die weitere Entwicklung gehe und was der Sinn seines Lebens sei. Der Beitrag der Biologie zur Beantwortung dieser Fragen bezieht sich vor allem auf das Woher, auf das Verständnis des Menschen von sich selbst und seiner künftigen Entwicklung, insofern er als Teil der Natur zu verstehen ist, nicht aber auf das Wozu, auf die Frage nach dem Sinn des menschlichen Lebens.

Es gibt keinen „Sinn“ in der Natur, kein „Natursubjekt“, das nach einem vorgegebenen Plan ein bestimmtes Ziel realisiert und letztlich noch den Verlauf der gesellschaftlichen Entwicklung bestimmt. Solche Vorstellungen muß man in der Tat als „animistische Projektionen“ (**106a**)[1] ablehnen. Die Klassiker des Marxismus-Leninismus haben sich stets klar gegen jede Form der Teleologie in Natur und Gesellschaft gewandt (vgl. K. MARX und F. ENGELS, Werke Bd. 2, S. 83 und auch **34**, S. 79; **35**, S. 13; **103a**, S. 578).

[1] Fett-rot markierte Zahlen (auch nach Autorennamen) verweisen auf die Literaturliste am Ende des Dokuments.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Diskutiert man das Problem des Lebens hinsichtlich seines Wesens, so führt dies insbesondere zu der Frage nach dem Verhältnis der Biologie zur Physik; wird es diskutiert hinsichtlich der Herkunft des Lebens, so ist es die Frage nach dem Charakter der Gesetzmäßigkeit der Evolution, die theoretisch und weltanschaulich von entscheidender Bedeutung ist.

Die Beziehungen der Biologie zur Physik wurden schon lange intensiv diskutiert, in jüngster Zeit u. a. von M. EIGEN, K. FUCHS, I. PRIGOGINE, C. F. VON WEIZSÄCKER und M. W. WOLKENSTEIN. Bei der Überarbeitung des Buches habe ich versucht, Gedanken der genannten Autoren zu berücksichtigen.

Die Frage nach dem Charakter der Gesetzmäßigkeit der Evolution ist ebenfalls schon lange ein Gegenstand theoretischer und weltanschaulicher Diskussionen. Sie ist jedoch durch die Arbeiten von PRIGOGINE und GLANSDORF zur verallgemeinerten Thermodynamik, die Arbeit von M. EIGEN zur Theorie der Primärevolution sowie durch die zu diesen Arbeiten in Widerspruch stehenden philosophischen Grundaussagen von J. MONOD besonders aktuell geworden. Ich habe mich bemüht, gerade diese Diskussion in der 2. Auflage zu berücksichtigen, denn sie unterstreicht m. E. am sinnfähigsten die Bedeutung der in diesem Buch behandelten Thematik.

Es wird deutlich, daß zur Lösung beider Problemkreise – Wesen und Herkunft des Lebens – eine genauere Analyse der den Erscheinungen der objektiven Realität zugrunde liegenden Gesetze, speziell der probabilistischen, die sich auf das objektiv mögliche von Einzelprozessen beziehen, eine wesentliche Hilfe ist. Die entscheidende Zielstellung der Arbeit bleibt die Überwindung des mechanischen Determinismus, der aus dem vorigen Jahrhundert stammt und heute, u. a. auf der Grundlage vereinfachender Analogien zwischen Lebensprozeß und technischem Automaten, reaktiviert wird. Ausgangspunkt meiner Erörterung der Determinismusproblematik [17] war die damals noch nicht vorherrschende Auffassung, daß im Ergebnis der umfangreichen Diskussion zu diesen Problemen in der Quantenphysik, die FOCKsche Interpretation als eine dialektisch-materialistische Grundlage angesehen werden kann. Diese Konzeption bricht mit den Vorstellungen der mechanistischen Determinismuskonzeption, ohne in das andere Extrem, den Indeterminismus, die Annahme der absoluten Zufälligkeit, zu verfallen. Es wurde die These bzw. philosophische Hypothese aufgestellt, daß diese Determinismuskonzeption mit ihrer Anerkennung der Existenz des objektiven Zufalls nicht nur für die Physik, sondern auch für das Verständnis der Lebensprozesse, insbesondere der Evolution, wesentlich ist. Im Zusammenhang mit der Erfassung der Gesetzmäßigkeit von Entwicklungsprozessen hatte sich m. E. immer deutlicher gezeigt, daß man Gesetzmäßigkeiten anerkennen muß, die den objektiven Zufall mit einbeziehen, also nicht allein den Charakter der Notwendigkeit tragen. Es war und ist ein Anliegen der Arbeit, die Produktivität mathematischer und kybernetischer Modelle (sowie deren Grenzen) für die Erkenntnis und Beherrschung der Lebensprozesse herauszuarbeiten. Vieles von dem, was in diesem Buch über Einheit und Unterschied von Automat und Leben diskutiert wird, hat F. JACOB in seinem Buch „Die Logik des Lebenden“ mit folgenden Worten prägnant zusammengefaßt:

„Die moderne Biologie will die Eigenschaften des Organismus aus der Struktur der ihn aufbauenden Moleküle erklären. In diesem Sinn entspricht sie einem neuen Zeitalter des Mechanismus. Das Programm ist ein den elektronischen Rechenmaschinen entliehenes Modell. Es stellt das genetische Material im Ei dem magnetischen Band eines Computers gleich. Es bedingt eine Reihe durchzuführender Operationen, die Starrheit ihres zeitlichen Ablaufs und den ihnen zugrunde liegenden Zweck. In Wirklichkeit unterscheiden sich diese beiden Arten von Programmen in vielerlei Hinsicht, in erster Linie in bezug auf ihre Eigenschaften. Das eine verändert sich beliebig, das andere nicht: Einem magnetischen Programm wird Information in Funktion der erhaltenen Resultate hinzugefügt oder gelöscht; dagegen ist die Struktur der Nukleinsäure der erworbenen Erfahrung unzugänglich und bleibt im Verlaufe der Generationen unverändert. Die beiden Programme unterscheiden sich auch in ihrer Bedeutung und in den Wechselbeziehungen, die sie mit den ausführenden Organen verbinden. Die Maschine enthält keine Instruktionen, die auf ihre physikalischen Strukturen oder auf die sie aufbauenden Bestandteile Einfluß hätten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Im Gegensatz hierzu bestimmen die Instruktionen des Organismus den Aufbau seiner eigenen Bestandteile, d. h. der Organe, die mit der Durchführung des Programms beauftragt sind. Auch wenn sich eine Maschine konstruieren ließe, die fähig wäre, sich zu reproduzieren, würde diese doch nur Kopien dessen hervorbringen, was sie selbst im Augenblick des Kopierens ist. Jede Maschine nutzt sich mit der Zeit ab. Zwangsläufig würden die Töchter mit der Zeit etwas weniger vollkommen werden als die Mütter. Mit jeder Generation würde das System etwas mehr in Richtung auf die statistische Unordnung zutreiben. Das Geschlecht wäre zum Tode bestimmt. Beim Lebewesen entsteht jedoch im Augenblick der Zeugung nicht einfach eine genaue Kopie der Eltern, ein neues Wesen wird erschaffen. Das bedeutet von einem Ausgangszustand aus eine Reihe von Vorgängen einzuleiten, die zum Zustand der Eltern führen. Wenn auch nicht gerade mit dem Nullpunkt, so beginnt doch jede Generation wieder mit dem lebensnotwendigen Minimum, d. h. von neuem mit der Zelle. Das Programm enthält alle Vorgänge, die jedesmal den ganzen Zyklus durchlaufen und jedes Individuum von der Jugend zum Tode führen. [18] Darüber hinaus wird aber nicht alles vom genetischen Programm starr fixiert. Sehr häufig zieht dieses nur die Grenzen für den Einfluß der Umwelt, oder es befähigt sogar den Organismus zu reagieren und zu der angeborenen noch zusätzliche Information zu erwerben. Phänomene wie die Regeneration oder beim Individuum durch das Milieu induzierte Veränderungen weisen deutlich auf eine gewisse Flexibilität bei der Interpretation des Programms hin. Je komplizierter die Organismen werden und je wichtiger ihr Nervensystem wird, desto mehr verleihen ihnen die genetischen Instruktionen neue Möglichkeiten, wie die Fähigkeit, sich zu erinnern oder zu lernen. Aber das Programm greift auch noch bei diesen Phänomenen ein. So manifestiert es sich beim Lernen, indem es seinen Gegenstand und seinen Zeitpunkt im Verlaufe des Lebens festlegt. Oder es manifestiert sich im Gedächtnis, um die Natur der Erinnerungen, ihre Anzahl und ihre Dauer zu begrenzen. Folglich richtet sich die Starrheit des Programms nach der jeweiligen Programmierung. Gewisse Instruktionen werden buchstabengetreu ausgeführt, andere treten als Fähigkeiten oder als Potentialitäten in Erscheinung. Im Grunde aber bestimmt das Programm den Grad seiner Anpassungsfähigkeit und die Skala der möglichen Variationen selber.“ (FRANÇOIS JACOB, **62b**.)

Bis zu einem gewissen Grade konnten Kybernetik und Molekularbiologie auch die Fruchtbarkeit der Arbeitshypothese des Mechanismus, selbst auf Gebieten, die dieser zunächst nicht zugänglich schien, unter Beweis stellen. Diese Arbeitshypothese kann und sollte daher auch so lange benutzt werden, bis sich die Fragestellung erweitert bzw. die Untersuchungen zeigen, inwieweit die Vorstellungen modifiziert werden müssen. Die Erkenntnisse der Molekularbiologie und speziell kybernetische Überlegungen auf diesem Gebiet zeigen, daß Lebewesen zumindest in erster Näherung als sich selbst bauende (autonome Morphogenese), sich selbst reproduzierende Maschinen (invariante Reproduktion) verstanden werden können. Lebewesen sind Maschinen jedoch nur insofern, als man von der inneren Widersprüchlichkeit, der realen Entwicklung, der Geschichtlichkeit des Lebensprozesses abstrahieren kann. Zum Verständnis des realen Lebensprozesses ist es nicht möglich, von der spezifischen Selbstorganisation der lebenden Materie zu abstrahieren. Hier wird ein dialektisches Verständnis der Beziehungen von Notwendigkeit und Zufall, Struktur und Funktion, Konstanz und Variabilität, Teil und Ganzem usw. unbedingt erforderlich.

Schon in der ersten Auflage wurde versucht, eine kritische Analyse verschiedener Interpretationen der Ergebnisse der Molekularbiologie und daraus abgeleiteter theoretischer und philosophischer Folgerungen aus der Sicht des dialektischen Materialismus vorzunehmen und die neuen Erkenntnisse für eine weitere Vertiefung unseres wissenschaftlichen Weltbildes fruchtbar zu machen. Dabei galt es, idealistische und mechanizistische Interpretationen begründet zurückzuweisen und auf der Grundlage der entwickelten philosophischen Konzeption, aber auch aus informations- und strukturwissenschaftlicher Sicht für eine Reihe offener theoretischer Probleme hypothetische Lösungsvorschläge anzuregen. Inzwischen wurde deutlich, daß ein wesentlicher Teil der damals aufgeworfenen Fragen und hypothetischen Lösungsvorschläge der weiteren Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung entsprechen. Dies zeigt erneut die Möglichkeit philosophischer [19] Vorhersage. Ich denke hierbei insbesondere an allgemeine Aussagen über die Selbstreproduktion und Selbstorganisation der Materie, die in jener Zeit aus dem naturwissenschaftlichen Material allein noch nicht folgten (vgl. auch E. THOMAS, **166a**). Heute nun liegt mit der Arbeit von M. EIGEN „Selbstorganisation der Materie und die Evolution biologischer Makromoleküle“ eine umfassende physikalisch-chemische Theorie über die Entstehung und Entwicklung präbiotischer Wechselwir-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

kungen zwischen Nukleinsäuren und Proteinen vor. Damit wurde ein wesentlicher Schritt getan, naturwissenschaftlich (theoretisch und experimentell konkret) eine unserer entscheidenden Erkenntnislücken zu schließen.

Ich hoffe, daß in dieser Auflage folgende Grundthesen noch deutlicher herausgearbeitet wurden:

1. Die Erkenntnisse der Molekularbiologie einschließlich der allgemeinen Aussagen des zentralen Dogmas der Molekularbiologie, über die strenge Aufgabenteilung zwischen den beiden wesentlichen Stoffklassen lebender Systeme, den Proteinen und Nukleinsäuren, sowie über die Nichtumkehrbarkeit ihrer informationellen Beziehungen, sind im Rahmen unserer heutigen Naturerkenntnis als richtig anzuerkennen.

2. Präformistische oder teleologische Konzeptionen sind auf Grund der Objektivität des Zufalls prinzipiell widerlegt.

3. Wenn die ersten beiden Thesen richtig sind, dann bedeutet dies, daß in der Evolution Information entsteht, die ihre Grundlage nur in der objektiven Existenz verschiedener Möglichkeiten als Ausdruck der Einheit von Notwendigkeit und Zufall haben kann, denn Information entsteht in Selektionsprozessen, und diese haben das Entstehen immer neuer Möglichkeiten zur Voraussetzung.

4. Die molekularen Prozesse der Replikation, Transkription und Translation der genetischen Information beruhen auf ununterbrochenen Wechselwirkungen von Nukleinsäuren und spezifischen Proteinen. Sie bilden die Grundlage für Vermehrung, für Wachstum, Differenzierung, Reifung und Altern, für die Ausbildung von Strukturen zur Widerspiegelung objektiver Realität, für Genauigkeit und Ungenauigkeit der Genreplikation, für Qualität und Quantität der Realisierung genetischer Prozesse usw. Sie sind auch eine Grundlage der Evolution. Die Analyse dieser Wechselwirkungen ermöglicht ein tieferes Verständnis des zentralen Dogmas (H.-A. ROSENTHAL, **137d**) und die Überwindung einseitiger Interpretationen und scheinbarer Paradoxa. In den letzten Jahren habe ich mich speziell mit organisationstheoretischen und methodologischen Problemen des Einsatzes automatisierter Informationsverarbeitungsanlagen zur Unterstützung menschlicher Problembearbeitungs- und Problemlösungsprozesse beschäftigt. Auf Grund dieser Erfahrungen kann ich feststellen, daß auch die Theorie und Praxis des Einsatzes der elektronischen Datenverarbeitung die getroffenen Grundaussagen zum Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus bestätigen. Aus den Problemen der Kybernetik, aus der Notwendigkeit [20] der Überbrückung des Spannungsfeldes zwischen formalem Modell und objektiver Realität, entwickelt sich gerade gegenwärtig eine neue Wissenschaft – die Informatik –, deren entscheidendes philosophisches, theoretisches und methodologisches Grundproblem das Problem des Verhältnisses zwischen technischem Automaten und seiner gesellschaftlichen Umwelt ist.

Um eine effektive Funktionsteilung zwischen Automat und Mensch, eine echte Integration automatisierter Informationsverarbeitungssysteme in die verschiedenen gesellschaftlichen Arbeitsprozesse zu erreichen, hat die Informatik auszugehen von den spezifischen Besonderheiten und der spezifischen Leistungsfähigkeit maschineller und menschlicher Informationsverarbeitung. Das kritiklose Akzeptieren der Welt des technischen, digitalen Rechenautomaten als Modell für die gesamte objektive Realität erweist sich immer mehr als ein gefährlicher Irrtum. Der Mensch hat immer den Unterschied zwischen formalem Modell (programmierter Struktur) und der tatsächlichen Dynamik und Mannigfaltigkeit des natürlichen und gesellschaftlichen Lebens zu überwinden.

Daß ich weiterhin die Diskussion um die philosophischen Probleme der modernen Biologie intensiv verfolgen und mich nach Kräften daran beteiligen konnte, verdanke ich dem Um-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

stand, daß ich immer wieder zu Vorträgen über diese Fragen gebeten wurde. Hier sind vor allem die von der „Gesellschaft für physikalische und mathematische Biologie der DDR“ durchgeführten „Kühlungsborner Kolloquien“ zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie zu nennen. Ich danke es vor allem aber der Tatsache, daß ich von meinen auf diesem Gebiet forschenden Freunden, insbesondere von dem Ehepaar ROSENTHAL, immer wieder in die Diskussion um die aktuellen methodologischen, erkenntnistheoretischen und philosophisch-ethischen Probleme der Molekularbiologie einbezogen wurde und viele wertvolle Anregungen und Hinweise erhielt, für die ich beiden herzlich danke. Dieser Freundeskreis ist insbesondere das Ergebnis der wissenschaftlichen Schulen um S. M. RAPOPORT und H. LEY, die an der Humboldt-Universität eine Vielzahl schöpferisch tätiger Wissenschaftler inspiriert haben. Aus diesen Diskussionen ist eine Reihe gemeinsamer Artikel entstanden, welche die Grundlage für die Überarbeitung und Erweiterung des Buches bilden. Hier sei verwiesen auf die gemeinsamen Artikel mit Herrn Dr. K. GÜNTHER, **41b**, Herrn Prof. S. M. RAPOPORT, **41k**, Frau Prof. S. ROSENTHAL, **41h**, Herrn Doz. Dr. H.-A. ROSENTHAL, **41i**, Herrn Dr. I. G. REICH, **41c** und Herrn Prof. G. WINTGEN, **41k**, Herrn D. B. WENZLAFF, Herrn Dr. TSCHIRSCHWITZ, Prof. WINTGEN und H.-A. ROSENTHAL haben darüber hinaus wesentliche Hinweise zur Präzisierung einer Reihe von Aussagen des Buches gegeben. Für die Unterstützung bei der endgültigen Fertigstellung des Manuskripts danke ich Frau Dr. H. PLOOG, für die Hilfe beim Aufbau der Register Frau R. ZEPLIN und Herrn H. MERTSCH.

Berlin 1975 K. FUCHS-KITTOWSKI

[25]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## Einleitung

Unser allgemeines Weltbild wird entscheidend auch durch die Ergebnisse der modernen Naturwissenschaften geformt.

Die Veränderungen des physikalischen Weltbildes durch die Entwicklung der Relativitäts- und Quantentheorie zu Beginn unseres Jahrhunderts hatten einen revolutionierenden Einfluß auf das philosophische Denken. In ähnlicher Weise verändern um die Mitte des 20. Jahrhunderts Molekularbiologie, Biochemie und Kybernetik unser Weltbild.

Molekularbiologie, Biochemie und Kybernetik werden immer mehr zu entscheidenden Stützen eines modernen, materialistischen und dialektischen, allgemeinen Naturverständnisses und einer wissenschaftlich begründeten Weltanschauung. Es kann kein allgemeines philosophisches Problem der Naturwissenschaften gelöst werden, ohne daß allgemeine Erkenntnisse und Prinzipien dieser Wissenschaften berücksichtigt werden. Dies gilt u. a. für die Probleme des Determinismus, der Dialektik von Teil und Ganzem, System und Element, der Dialektik von Struktur und Funktion, ebenso wie für die Fragen der Beziehungen zwischen den Bewegungsformen der Materie, des qualitativen Sprungs, der Höherentwicklung und für viele allgemeine erkenntnistheoretische Probleme.

Die Erforschung der primären Lebensvorgänge auf intrazellulärem, molekularem Niveau hat zu einer Vielzahl neuer Ergebnisse und fruchtbarer Ansätze geführt, die nur in enger Gemeinschaftsarbeit von Biochemie, Biophysik und Kybernetik denkbar waren.

Die Methoden der Physik, Chemie, Mathematik und in jüngster Zeit auch der Kybernetik fanden Eingang in die biologischen Wissenschaften und eröffneten ihr neue Perspektiven. Es entstand eine neue Wissenschaft – die Molekularbiologie. Sie vereinigt verschiedene naturwissenschaftliche Disziplinen, die sich zunächst unabhängig voneinander entwickelt hatten. Ein besonderer Schwerpunkt für die Molekularbiologie ist die Eiweißforschung. Dabei stehen im Vordergrund die Sequenzanalyse, die Proteinsynthese, die Aufklärung der Wirkungsmechanismen der Enzyme und insbesondere auch die Probleme der Regulation des Zellstoffwechsels, das Verständnis der Zelle als kybernetisches System. Zu den bisher größten Erfolgen der Molekularbiologie gehören die Aufklärung der Struktur und Funktion der Nukleinsäuren und die Erkenntnis, daß im Nukleinsäuremolekül durch die Basenanordnung die Erbinformation gespeichert ist. Es ist ein Anliegen der hier [26] vorgelegten Arbeit, die kybernetischen Aspekte dieser Ergebnisse deutlich werden zu lassen.

*Die Molekularbiologie stellt sich die Aufgabe, das Wesen des Lebens aufzuklären*. Es gilt, die atomare und molekulare Natur der physikalisch-chemischen Prozesse sowie deren qualitativ neue Wechselwirkungen in der Zelle aufzuzeigen.

Mit dieser Aufgabenstellung ist zugleich der entscheidende Schwerpunkt für die philosophische Diskussion gegeben. Es geht um die Frage nach dem Wesen des Lebens und in diesem Zusammenhang insbesondere um die Problematik des Verhältnisses von Physik und Biologie. Dies ist der erste Problemkreis, dem wir uns zuwenden wollen, wobei von folgenden Gesichtspunkten ausgegangen werden soll:

a) Die jüngste Entwicklung der Wissenschaft und Technik, die Entwicklung der Molekularbiologie und Kybernetik, die Theorie der Automaten, die Informationstheorie usw. bringen neue Gesichtspunkte in die an sich schon alte Diskussion über das Verhältnis von Physik und Biologie.

b) Die dialektisch-materialistische Philosophie hat von jeher die Auffassung vertreten, daß das Leben eine materielle Erscheinung ist und daß es in den Organismen nichts außer Atomen und Molekülen, ihren Wechselwirkungen untereinander und mit dem Gesamtsystem

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

gibt. Es gibt also keine immateriellen „Gestaltungsfaktoren“, keine „Entelechie“, keinen „élan vital“ usw., jedoch gilt es, die komplexe Wirkung des Ganzen auf die Teile zu berücksichtigen.

c) Insbesondere kybernetisches Denken beseitigt die letzten Reste vitalistischen Denkens in der Biologie, die mit dem Problem der Zweckmäßigkeit verbunden sind.

d) Die Erfolge der molekularbiologischen Forschung und der Kybernetik führen zu der Frage, ob diese Entwicklung die These des uneingeschränkten Physikalismus rechtfertigt, daß im Lebenden allein physikalisch-chemische Gesetze herrschen und keine anderen, oder ob im Sinne eines eingeschränkten Physikalismus zwar Gesetze der Physik und Chemie im Lebenden gelten und nicht durchbrochen werden, daß jedoch spezifisch biologische Gesetzmäßigkeiten existieren, die nicht einfach Spezialisierungen physikalisch-chemischer Gesetzmäßigkeiten sind.

e) Das Leben ist eine besondere Bewegungsform der Materie, die sich von der der unbelebten Natur qualitativ unterscheidet. Diese neue Qualität entsteht auf der Grundlage bestimmter biomolekularer Strukturen unter den Bedingungen einer spezifischen Organisation. Das Leben beruht also auf einer qualitativ besonderen Wechselwirkung, einem ganzheitlichen System physikalisch-chemischer Prozesse, die unter den Bedingungen einer bestimmten strukturellen und biochemischen Organisation ablaufen. *Die allgemeine Organisationsform des Lebens, seine Elementareinheit, ist die Zelle* (vgl. DUBININ, **29**), das seit SCHWANN und VIRCHOW im vorigen Jahrhundert definierte metabolische System.

[27] In engem Zusammenhang mit dem Problem des Verhältnisses von Physik und Biologie steht die Frage nach dem Verhältnis von technischem Automaten, der allein physikalisch-chemischen Gesetzen unterliegt, und dem lebenden Organismus. Jedoch treten hier noch spezielle Probleme auf. Es gilt vor allem, den historisch-materialistischen Aspekt zu berücksichtigen, daß der Automat ein Werkzeug des Menschen ist. Der Automat entlastet von formaler geistiger Arbeit, so wie die klassische Technik von schwerer, einförmiger körperlicher Arbeit befreite. Automaten sind Arbeitsprodukte des Menschen. Darin unterscheiden sie sich von den einfachen Systemen der Physik und Chemie. Sie sind Vergegenständlichung menschlicher Wesenskräfte. Als vergegenständlichte Wissenschaft zeigen sie (wie die Technik überhaupt), inwieweit das Wissen unmittelbare Produktivkraft geworden ist. Diskutiert man das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus, so kann nicht allein von den gegenwärtig existierenden Automaten ausgegangen werden, denn diese sind als Werkzeug von vornherein begrenzt auf die Realisierung einer bestimmten Funktion und widerspiegeln den gegenwärtigen Entwicklungsstand der Technik. Stellt man die Frage ganz allgemein, so wird die Antwort darauf sein, daß sich keine grundsätzliche Grenze zwischen Automat und Leben angeben lassen wird. Hier soll die These vertreten werden, daß Automaten Modelle darstellen, die in bezug auf den realen Lebensprozeß immer den Charakter der Annäherung tragen. Jedoch lassen sich die Unterschiede erkennen und entsprechende Veränderungen am Modell vornehmen. Das verbesserte Modell wird aber wieder Unterschiede zeigen usw. Dieser Widerspruch in der Erkenntnis wird im unendlichen Erkenntnisprozeß der Menschheit gelöst.

Die Bedeutung der Modellmethode für die Biologie, insbesondere der elektronischen Rechenautomaten als universelle kybernetische Modelle, ist ein weiterer hier angesprochener Problemkreis.

Bei der Herausarbeitung der dem technischen Automaten und dem lebenden Organismus gemeinsamen Funktionsprinzipien einerseits sowie der bisher bestehenden Unterschiede andererseits ergeben sich jeweils interessante Gesichtspunkte für die biologische Forschung.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wird hier von Unterschieden zwischen lebenden Systemen und Automaten gesprochen, so haben wir konkrete technische Automaten im Auge, die allein rein physikalischen Gesetzen unterliegen und in ihrem funktionellen Verhalten bestimmten mathematisch-logischen Operationen homomorph sind.

Die Tatsache, daß es dem Ingenieur gelungen ist, in technischen Systemen Funktionsprinzipien zu verwirklichen, die sie befähigen, Verhaltensweisen zu zeigen, die zuvor nur im Zusammenhang mit Lebewesen beobachtet werden konnten, gibt uns einerseits eine in ihren Möglichkeiten noch gar nicht abschätzbare Methode des Herangehens an das Lebensgeschehen, die Methode der materiellen und gedanklichen bzw. mathematischen Modellierung (vgl. Abb. 9). Andererseits aber zwingt uns gerade diese Tatsache, soll die Eigenständigkeit des Lebenden nicht geleugnet werden, unsere Vorstellungen vom lebenden Organismus und insbesondere eine ganze Reihe unserer [28] philosophischen Kategorien entscheidend zu vertiefen bzw. in ihrer wahren Tiefe zu erfassen. Das gilt vor allem für das Verständnis der echten dialektischen Einheit von Notwendigkeit und Zufall, Teil und Ganzem, Struktur und Prozeß. Es bedarf eines tieferen Verständnisses der in der Natur herrschenden Gesetzmäßigkeit, des Determinismus in hochkomplexen lebenden Systemen.

Insbesondere ist dies erforderlich zur Widerlegung der Auffassungen, die die Eigenständigkeit des Lebens in einem agnostizistischen Prinzip zu begründen suchen. So wird behauptet, daß die Frage, ob sich das Verhalten lebender Systeme auf das Verhalten komplizierter technischer Systeme reduzieren läßt oder nicht, prinzipiell unentscheidbar sei. Das Urteil „Unentschieden“ weist auf eine Situation hin, welche durch komplementäre Aussagen dargestellt werden kann. Die These, das Verhalten des lebenden Organismus ließe sich auf das Verhalten komplizierter technischer Automaten reduzieren, und die These, dies sei nicht möglich, wären dann weder wahr noch falsch, und zwar, weil die hohe Komplexität des Systems der Nachprüfung dieses Sachverhaltens eine prinzipielle Erkenntnisgrenze setze.

Es geht im Zusammenhang mit diesem Problemkreis besonders um den Nachweis, daß es hier keine prinzipiellen Grenzen der Erkenntnis gibt, daß es nicht um einen Erkenntnisverzicht gehen kann, sondern um ein vertieftes Verständnis des biologischen Vorganges. Für die Einführung eines so verstandenen dritten Wahrheitswertes (unentschieden) besteht also keinerlei Veranlassung (vgl. KLAUS, **73**, S. 67-68). Ein solcher Versuch ist aufs engste verknüpft mit Auffassungen, die zur Leugnung der Kausalität und der Gesetze in der objektiven Realität führen.

Die Arbeit möchte vor allem ein Beitrag zur Diskussion um die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption sein.

Es gibt in unserer Republik schon seit langem eine intensive Diskussion zu den Problemen des Determinismus. Ausgehend von den bisherigen Ergebnissen dieser Diskussion in der Auseinandersetzung mit dem Indeterminismus in der Physik, soll hier die Auseinandersetzung fortgeführt werden mit indeterministischen Konzeptionen im Bereich der Biologie. Es gilt aber, darüber hinaus die Ablehnung des mechanischen bzw. Prädeterminismus, der die eindeutige und notwendige Bestimmtheit des zukünftigen Zustandes durch den gegenwärtigen annimmt, und die Ablehnung des Indeterminismus, der die Kategorie der Notwendigkeit leugnet, Agnostizismus, Spontaneität sowie Subjektivität propagiert, zu ergänzen durch eine positive Darstellung des dialektischen Determinismus. Dazu ist u. a. notwendig: Eine Präzisierung des Begriffs der Kausalität und eine genauere Bestimmung des Verhältnisses von Kausalität und Gesetz. Vor allem gilt es jedoch, die dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall in der objektiven Möglichkeit zu erfassen und die Existenz verschiedener Typen des gesetzmäßigen Zusammenhanges in der objektiven Realität herauszuarbeiten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die geforderte Vertiefung bestimmter philosophischer Kategorien für den Bereich der Biologie ist u. a. durch eine philosophische Verallgemeinerung [29] der neuen Ideen, die zuerst in der Atomphysik auftraten, zu erreichen. Die philosophische Verallgemeinerung dieser das physikalische Weltbild radikal ändernden neuen Ideen der Quantenphysik ist m. E. eine der allerwichtigsten Aufgaben materialistischer Philosophie, besonders auch deshalb, weil die philosophische Verallgemeinerung dieser Gedanken sich methodisch für die Entwicklung anderer Zweige der Wissenschaften, in denen Fragestellungen auftreten können, die den in der Quantenphysik schon gelösten analog sind, als außerordentlich nützlich erweist. Eine solche methodologisch vergleichbare Situation ist z. B. in der *Gegenüberstellung von Automaten aus endlich vielen Bausteinen mit festem Übertragungsverhalten* (*Informationstransformatoren*) *und hochkomplexen, sich entwickelnden lebenden Organismen gegeben*.

In dieser Gegenüberstellung tritt uns die gesamte Determinismusproblematik entgegen, wie sie zuvor meist nur in der Beziehung klassische Physik – Quantenphysik diskutiert wurde. Ausgehend von dieser Erkenntnis hat sich m. E. die hier für den Bereich hochkomplexer lebender Systeme zu entwickelnde Konzeption des dialektischen Determinismus an den Ergebnissen der Diskussion marxistischer Philosophen und Physiker (vor allem an FOCK, **36**) um die Determinismusproblematik in der Physik zu orientieren. Eine solche Konzeption ist für die Biologie noch nicht konsequent entwickelt worden. Erste Versuche werden daher sicher mit allen Mängeln eines solchen Beginns behaftet sein. Viele der bisherigen Diskussionen um die Determinismusproblematik in der Biologie endeten letztlich auf einem quasiklassischen Standpunkt.

Bei der Gegenüberstellung haben wir, wie gesagt, technische Automaten im Auge, und zwar solche aus endlich vielen Gliedern mit festem Übertragungsverhalten (einfache Systeme der Automatisierungstechnik, Rechenautomaten, d. h. „reine“ Informationstransformatoren). Mit dem Begriff der „reinen“ Informationstransformation oder „vollständigen“ Informationsspeicherung läßt sich im Begriffssystem der Automatisierungstechnik die ontologische Hypothese der klassischen Physik formulieren, derzufolge es nur notwendige Zusammenhänge gibt.

Der Begriff des Informationstransformators erfährt schon eine entscheidende Erweiterung bei den höheren Automaten aus endlich vielen Gliedern mit variablem Übertragungsverhalten.

Bei den „lernenden“ Automaten ist der Zufall als konstruktives Element einbezogen. Dies macht deutlich, daß Automaten nicht allein streng mechanisch determiniert sind. Doch bei den in Rede stehenden Geräten ist die Überwindung des mechanischen Determinismus noch nicht von letzter Grundsätzlichkeit, da hier der Begriff der Wahrscheinlichkeit noch nicht als nicht mehr reduzierbarer Begriff gesetzt wird.

Im letzten Abschnitt des ersten Teils der Arbeit wird die zentrale Problematik des Zufalls und des Charakters probabilistischer Gesetze diskutiert. Es gilt, verschiedene Stufen des Eindringens der Theorie der Zufallsprozesse in die Physik zu berücksichtigen. *Erst die Quantenphysik setzt den Begriff* [30] *der Wahrscheinlichkeit als nicht mehr reduktiblen Begriff*. In diesem Zusammenhang gilt es vor allem, deutlich zu machen, daß es in der objektiven Realität verschiedene Typen des gesetzmäßigen Zusammenhanges gibt. Es ist zu unterscheiden zwischen den Gesetzen Newtonschen Typs bzw. dynamischen Gesetzen, den korrelativen – bzw. statistischen – und den probabilistischen Gesetzen.

Entsprechend der Konzeption des mechanischen bzw. Prädeterminismus ist alles, was sich zu einem bestimmten Zeitpunkt ereignet, durch die Gesamtheit der mechanischen Kausalbeziehungen und -bedingungen eindeutig und notwendig bestimmt. Alles, was heute geschieht, ist durch gestern bestimmt, und da wir am Gestern nichts mehr verändern können, ist auch am Morgen nichts mehr zu ändern. Diese Konzeption führt zum Fatalismus; sie läßt keinen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Raum für die Kategorie des objektiven Zufalls und der objektiven Möglichkeit. Die Erkenntnisse der modernen Physik führen dagegen zu dem Ergebnis, das in Wirklichkeit formuliert werden muß: Die Gesamtheit der mechanischen Kausalbeziehungen und Bedingungen bestimmen eindeutig, was potentiell möglich ist, aber welche dieser Möglichkeiten im einzelnen Wirklichkeit wird, das ist zufällig.

Es ist ein entscheidendes Anliegen dieser Arbeit, deutlich werden zu lassen, daß der Begriff der objektiven Möglichkeit, in dem wir die innere Widersprüchlichkeit der Materie, die dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall erfassen, auch für den Bereich der lebenden Natur wesentlich ist.

Während im ersten Teil der Arbeit das Problem des Verhältnisses von Physik und Biologie und die Erarbeitung bestimmter Probleme einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption im Bereich des Lebenden im Mittelpunkt der Diskussion stehen, wird im zweiten Teil dieser Gedankenkreis in gewisser Weise nochmals durchlaufen, die herausgearbeiteten Grundsätze bleiben weiterhin in der Diskussion, doch rückt jetzt das *konkrete Regulationsgeschehen in der einzelnen Zelle in den Mittelpunkt der Überlegungen. Es interessiert uns hier vor allem die Dialektik konservativer, statischer und variabler dynamischer Faktoren im Lebensgeschehen der individuellen Zelle*. Hieraus soll der konkrete Nachweis geführt werden, daß die Kategorie des Zufalls und der Möglichkeit als ontologische und nicht nur als gnoseologische Kategorien im Lebensgeschehen Bedeutung haben. Der unmittelbare Zusammenhang mit der zuvor geführten Diskussion ist gegeben, doch werden hier stärker die Ergebnisse der einzelwissenschaftlichen Forschung herangezogen, um das im vorangegangenen Gesagte am konkreten Material zu prüfen. Aus der Diskussion der Probleme der Regelung und Steuerung, der Informationsspeicherung und der Erhaltung der Information im lebenden Organismus und der Probleme der Höherentwicklung sollen vor allem auch weitere Gesichtspunkte für die vorgetragene Konzeption des Verhältnisses von Automat und Leben gewonnen werden.

Der hier aufgeworfenen Thematik liegen also im wesentlichen folgende Fragestellungen zugrunde: erstens die nach der Bedeutung von Regulationssystemen des Zellstoffwechsels für die Anpassungsfähigkeit der einzelnen [31] Zelle; zweitens die nach dem dialektischen Verhältnis von Automat und Leben, der Dialektik konservativer und variabler Faktoren im Lebensgeschehen und im Zusammenhang damit nach dem dialektischen Verhältnis von Präformation und Epigenese, und drittens noch eine Reihe weiterer Fragen (wie z. B. die der Bedeutung innerer Ursachen, der dialektischen Einheit von Teil und Ganzem, spezifischer und unspezifischer Wechselwirkungen u. a.) zur bisherigen Diskussion um die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption in der Biologie und zu dem Problem der Entstehung von Information, der Höherentwicklung.

Der erste Problemkreis führt uns zu der Erkenntnis der Bedeutung des kybernetischen Denkens bei der Erforschung der Beziehungen zwischen Nukleinsäuren und Proteinen und für die Erforschung der teleonomischen Mechanismen des Zellstoffwechsels. Es zeigt sich die Notwendigkeit, zwischen Systemen mit Rückkopplung und elementaren Systemen mit Rückwirkung zu unterscheiden. Die philosophische Verallgemeinerung der Tatsache der Ordnung des Lebensgeschehens durch enzymatische Regulation, der Verankerung der Regulation in der Feinstruktur der Zelle und der Erhaltung dieser Struktur durch die Regulation führt zu einem tieferen Verständnis des Wesens des Lebendigen und der Kennzeichnung des lebenden Organismus als offenes, selbstregelndes, selbstreproduzierendes und selbstorganisierendes, hochkomplexes System. In dieser besonderen Verbindung von Struktur und Funktion, der sich daraus ergebenden Fähigkeit zur echten Selbstorganisation unterscheiden sich lebende Systeme zumindest von heutigen beliebig komplizierten technischen Automaten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Der zweite Problemkreis führt zur Diskussion neuester Erkenntnisse über die Speicherung, Reproduktion und Übertragung der molekularen Information. Regelungstheoretische Überlegungen machen deutlich, daß die alleinige Betrachtung der Beziehungen des genetischen Materials zum Stoffwechsel im Sinne einer Steuerung nicht ausreicht. Dies führt weiter zur Diskussion heute noch ungeklärter Fragen des Anpassungs- und Lernverhaltens der einzelnen Zelle und zur Diskussion des dialektischen Verhältnisses von Präformation und Epigenese unter Gesichtspunkten der Informations- und Regelungstheorie.

Der dritte Problemkreis läßt die Berechtigung der hier vertretenen Determinismuskonzeption noch offensichtlicher werden. Es wird deutlich gemacht, daß der Kategorie des Neuen ein entscheidender Platz in der dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption zukommt, daß Raum für den objektiven Zufall und für die objektive Möglichkeit sein muß. Demgegenüber steht die Forderung nach „vollständiger“ Informationsspeicherung, die Forderung, daß die Information von Augenblick zu Augenblick genau erhalten bleibt. In der präbiotischen und in der phylogenetischen Entwicklung wie möglicherweise auch in der Ontogenese (die Unzulänglichkeit der präformistischen Konzeption vorausgesetzt) wird der Informationsgehalt nicht von Augenblick zu Augenblick erhalten, sondern es findet eine Entwicklung statt zu Zuständen von größerer Mannigfaltigkeit und Kompliziertheit. [32] Diese Feststellung führt im weiteren zur Formulierung von Hypothesen zum Problem der Höherentwicklung bzw. Informationsvermehrung.

Der entscheidende Schluß ist, daß, *wenn die Hypothese der Informationsvermehrung im Entwicklungsprozeß richtig ist, es dann diese Prozesse der Entstehung der Information sind, worin sich die lebende Materie wesentlich von der nicht lebenden Materie unterscheidet*. [35]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# Teil I
# Das Problem des Determinismus und der Beziehung zwischen technischem Automaten und lebendem Organismus

## 1. Dialektik von Struktur und Prozeß im molekularbiologischen Bereich

### 1.1. Makromolekül und Leben

Als um die Jahrhundertwende unter den Physikern der Streit entbrannte, ob die Atomvorstellung eine gesicherte Erkenntnis oder eine Hypothese oder gar ein Irrtum sei, blieb die Biologie davon noch relativ unberührt, denn die von ihr untersuchten Strukturen waren gegenüber dem Atom immerhin noch außerordentlich groß und die von ihr beschriebenen Prozesse anschaulich und ohne kostspielige Hilfsmittel nachprüfbar. Durch die Verfeinerung der experimentellen Technik (z. B. Polarisationsmikroskopie, Diffraktion der Röntgenstrahlen, Elektronenmikroskopie und verschiedene Methoden der Fraktionierung und Trennung subzellulärer Strukturen samt ihrer biochemischen Analyse) hat sich diese Sachlage grundlegend verändert. Die Biologie verfolgt heute die Feinstruktur der lebenden Organismen bis hin zum Molekül, ja bis zum Ort eines bestimmten Wasserstoffatoms in einem Makromolekül.

Durch diese Entwicklung der modernen Forschung wissen wir heute, daß sich die für die elementaren Lebensprozesse maßgeblichen Strukturen im submikroskopischen Bereich befinden und von molekularer Gestaltung sind. Diese Strukturen im makromolekularen Bereich sind die Grundlage der Organisation lebender Systeme.

Die Biologie untersucht die Struktur und Funktion lebender Systeme. Der gemeinsame Gegenstandsbereich ihrer verschiedenen Spezialdisziplinen ist die Daseinsweise spezifisch organisierter materieller Systeme. Die Molekularbiologie erforscht deren molekulare Grundlagen, die molekularen Strukturen und Funktionen im zellulären Bereich.

Aus den Ergebnissen aller das lebende System untersuchenden Spezialdisziplinen lassen sich allgemeine Gesichtspunkte ableiten, die die Grundlage philosophischer Verallgemeinerung bilden. Solche allgemeinen Prinzipien sind u. a. das Entwicklungsprinzip, das Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit, das Prinzip der dialektischen Einheit von Struktur und Prozeß, der dialektischen Einheit von Organismus und Umwelt sowie von Präformation und Epigenese, von Ontogenese und Phylogenese.

Diese allgemeinen Prinzipien sind Bausteine zu einer allgemeinen biologischen Theorie, sie erfahren gerade durch die geschilderte Entwicklung zur Molekularbiologie eine entscheidende Vertiefung und Präzisierung. Dies gilt insbesondere für den Gedanken einer durchgängigen Entwicklungskonzeption und für das Verständnis der lebenden Organisation.

[36] Zuvor betrachtete man die lebende Zelle primär unter biologischen Gesichtspunkten als Mikroorganismus oder im Zellverband. Man bemühte sich, ihre Beziehungen zu höheren Formen der Lebewesen aufzudecken. Ausschließlich den höheren Formen des Lebens zugewandt, blieb die Hälfte des Problems im Dunkeln. Man konnte dazu verleitet werden, sich die Zelle ohne Vorformen zu denken und damit die Bedingtheit aller Erscheinungen im historischen Zusammenhang unbeachtet zu lassen. Der wissenschaftliche Fortschritt ermöglicht es, unsere Aufmerksamkeit auf die Ursprünge des Lebens zu lenken. Es wurde immer deutlicher, daß wir die Zelle nur als etwas in der Entwicklung Entstandenes verstehen können. Biochemie und Molekularbiologie leisten somit den seit DARWIN entscheidendsten Beitrag für den Entwicklungsgedanken.[1]

[1] Diese These wird durch die Arbeiten von OPARIN (**117**) und in jüngster Zeit insbesondere durch den Beitrag EIGENS (**30c**) zur Theorie der Primärevolution nachdrücklich unterstrichen (vgl. S. 391 ff.).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Pater TEILHARD DE CHARDIN, der wegen seines Eintretens für den Entwicklungsgedanken von seinem Orden gemaßregelt wurde, zeigt eindringlich die weltanschauliche Konsequenz der Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Entwicklung, indem er schreibt:

„... genau so wie der Mensch nach Ansicht der Paläontologen anatomisch mit der Masse der ihm vorausgehenden Säugetiere verschmilzt – so ertrinkt die Zelle qualitativ und quantitativ in der Welt der chemischen Gebilde, wenn man sie in *absteigender Richtung* verfolgt. Unmittelbar nach rückwärts verlängert, konvergiert sie sichtbar mit dem Molekül.
Diese Einsicht aber ist bereits mehr als ein einfacher Gedankenblitz.
Vor einigen Jahren noch wären diese Ausführungen über den allmählichen Übergang der körnigen Struktur der Materie zur körnigen Struktur des Lebens ebenso suggestiv, doch auch ebenso unbewiesen erschienen, wie die ersten Ausführungen DARWINS oder LAMARCKS zur Entwicklungslehre.“ (**165**, S. 60.)

Die Stellung lebender Systeme in der Evolution ist der grundlegende andere integrierende Gesichtspunkt zum Verständnis der lebenden Organismen.

Die hier charakterisierte Entwicklung der Wissenschaften führte den Biologen zu der weiteren wichtigen Erkenntnis: der *durchgängigen Strukturiertheit* des lebenden Organismus. Es zeigte sich, daß das Gebiet des Makromolekularen eine tiefgreifende Ordnungsstruktur besitzt und daß von dieser Ordnungsstruktur die Reaktionsweise der biokatalytischen Eiweiße (Enzyme) abhängig ist. In der Tat vollzieht sich der Chemismus der Zelle in engster Abhängigkeit vom Feinbau der Reaktionsorte dieser Makromoleküle.

Die Feinstruktur der Zelle und ihrer Organellen wird im wesentlichen von den verschiedensten biologischen Makromolekülen gebildet, unter denen Proteine und Nukleinsäuren ganz besondere Bedeutung haben. Enzyme und Struktureiweiße bilden die Grundlage aller Lebensprozesse, deshalb ist die Erforschung ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaf-[37]ten und damit auch ihrer chemischen Struktur von ganz besonderem Interesse. Durch die intensive Arbeit der Biochemiker und Biophysiker sind die Chemie und Physik, die Struktur und Dynamik dieser komplizierten Makromoleküle im Prinzip heute schon gut bekannt.

Als Bausteine sämtlicher natürlicher Eiweiße kommen 20 verschiedene Aminosäuren in Frage, die durch Peptidbindungen zu langen Ketten miteinander zum Eiweißmolekül verknüpft sind. Für die Eigenschaften der Proteinmoleküle ist die Reihenfolge der 20 verschiedenen Aminosäuren in den Ketten von großer Bedeutung. Es läßt sich berechnen, daß allein durch Unterschiede in der Aminosäuresequenz aus 20 verschiedenen Aminosäuren eine astronomisch hohe Zahl verschiedener Eiweiße gebildet werden kann. Für eine Kette, die z. B. aus 100 Gliedern (Aminosäuren) besteht, wären theoretisch $20^{100}$ Kombinationsmöglichkeiten gegeben.

Die Verwendung von „nur“ zwanzig verschiedenen Bausteinen ist kein Mangel, wie es zunächst scheinen mag, sondern außerordentlich ökonomisch und gewährleistet doch die große Mannigfaltigkeit der Eiweißmoleküle. Ganz allgemein läßt sich feststellen, daß die biologischen Makromoleküle aus einer relativ geringen Anzahl verschiedener Bausteine aufgebaut sind. Die offensichtliche Vielfalt der vorkommenden biologischen Makromoleküle liegt in dem weiten Spielraum der Variation der Anordnungsmöglichkeiten der Bausteine begründet.

Die Struktur der Eiweißkörper erschöpft sich jedoch nicht in der Art und Reihenfolge der in ihnen enthaltenen Aminosäuren (Primärstruktur), sondern es sind noch weitere Strukturformen zu berücksichtigen.

Die Polypeptidkette der Eiweißkörper ist – wie PAULING und Mitarbeiter gezeigt haben – spiralförmig angeordnet (Sekundärstruktur). Die sogenannte $\alpha$-Helix ist ihrerseits wieder in bestimmter Weise räumlich gefaltet (Tertiärstruktur). Diese und eventuell noch höhere Strukturformen bedingen unmittelbar die Funktionstüchtigkeit der Eiweiße, werden aber selbst

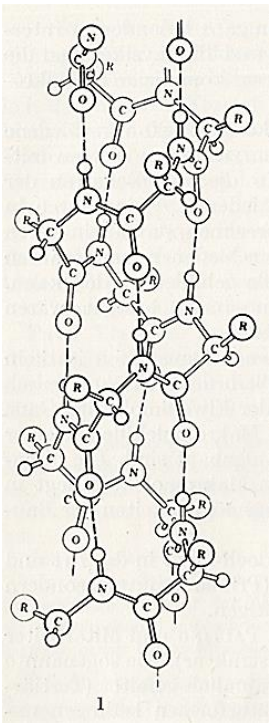
OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

festgelegt durch die Primärstruktur. Auf diese Weise bedingt die Primärstruktur gleichzeitig die Funktion (Abb. 1).

Über den räumlichen Bau des Eiweißmoleküls (Abb. 2), über seine Sekundär- und Tertiärstruktur erhalten wir neue Erkenntnisse insbesondere durch die Röntgenstrukturanalyse. Für die Aufklärung der räumlichen Form und Struktur eines einzelnen Eiweißmoleküls mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse wurden die beiden englischen Forscher J. C. KENDREW und M. F. PERUTZ 1962 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Mit chemischen und biochemischen Methoden ist es heute gelungen, die Primärstruktur verschiedener Eiweiße vollständig aufzuklären, so die des Insulins, der Ribonuklease, der Hülle des Tabakmosaikvirus und des Zytochrom c.

Abb. 1 bis 3 befinden sich auf S. 38.



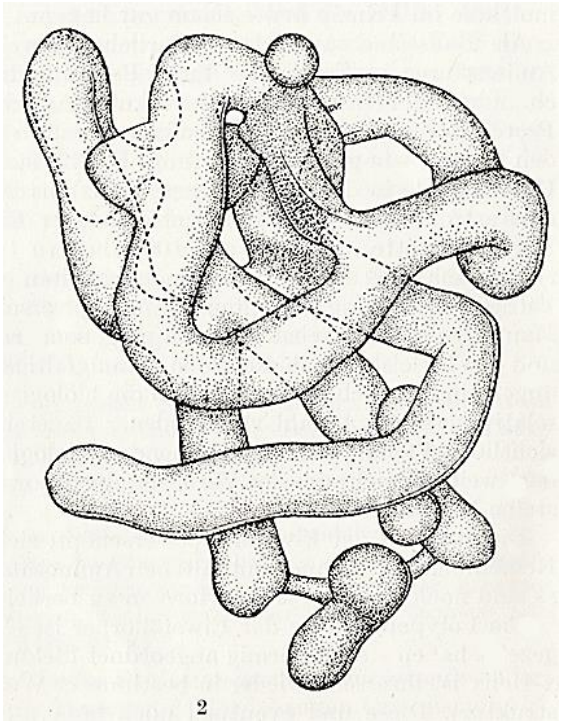


Abb. 1. Anordnung der Peptidkette zu einer sog. $\alpha$-Helix (nach PAULING, COREY und BRANSON).
Abb. 2. Schematisches Modell eines Myoglobinmoleküls (nach KENDREW).

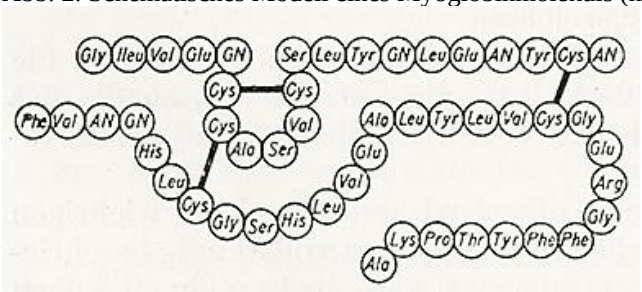



Abb. 3. Die Aminosäuresequenz des Insulins (aus RAPOPORT, **134**).

Die Primärstruktur des für den Kohlenhydratstoffwechsel wichtigen Hormons Insulin konnte durch die Arbeiten von SANGER vollständig beschrieben werden. Das Insulinmolekül besteht aus zwei verhältnismäßig einfachen Polypeptidketten aus 21 und 30 Aminosäuren (Abb. 3), die man vonein-[39]ander trennen und in reinem Zustand erhalten konnte. Dies stellt eine der großen Pionierleistungen in der Geschichte der Erforschung des chemischen Baus der Eiweißkörper dar, die 1958 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde.

Einen besonderen Schwerpunkt der gegenwärtigen molekularbiologischen Forschung bilden Untersuchungen zur Struktur und Funktion der Nukleinsäuren.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Auch bei der Aufklärung der Struktur dieser komplizierten Makromoleküle ist man durch die intensive Arbeit von Physikern, Chemikern, Genetikern und Biologen in unserer Zeit einen gewaltigen Schritt vorangekommen. Untersuchungen mittels Röntgenstrukturanalyse an Nukleinsäuren gaben die ersten Hinweise dafür, daß das Desoxyribonukleinsäuremolekül (DNS-Molekül) eine im Prinzip einfache regelmäßige Struktur aufweist. Zuvor war schon erkannt worden, daß sich die einzelnen DNS-Moleküle jeweils aus vielen sogenannten Mononukleotiden aufbauen. Jedes Nukleotid besteht nun seinerseits wieder aus einem Nukleosid + Phosphorsäure. Die Nukleoside werden ihrerseits aus einer organischen Base und einem Zucker gebildet. Der Phosphorsäurerest und auch das Zuckermolekül sind in allen Nukleotiden der DNS gleich. Es variiert nur die Basenzusammensetzung. Vier verschiedene Grundbausteine, die Nukleotidbasen Adenin, Thymin, Guanin und Zytosin, können auftreten. Durch ihre spezifische Reihenfolge im Molekül wird auch hier eine große Mannigfaltigkeit an Makromolekülen erreicht.

Wie bei den Eiweißen, ist auch bei den Nukleinsäuren die räumliche Anordnung für die biologische Funktion der Makromoleküle wichtig und nicht allein die chemische Zusammensetzung. Auf das von WATSON und CRICK (**178**) vorgeschlagene Modell, nach dem die DNS in ihrer geordneten Sekundärstruktur eine Doppelhelix darstellt, kommen wir an anderer Stelle zurück. Sie wurden für diese Arbeiten, die für das Verständnis des Mechanismus der Vererbung von größter Bedeutung waren, 1962 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Wir können also feststellen, daß, obwohl die Molekularbiologie eine junge Wissenschaft ist, in kurzer Zeit bereits eine Reihe hervorragender Entdeckungen gemacht wurden. Das betrifft vor allem die Erforschung der Struktur und Funktion der Proteine und Nukleinsäuren, weiterhin auch die Erforschung des Mechanismus der Eiweißsynthese und der physikalisch-chemischen Grundlagen der Vererbung.

Die Molekularbiologie hat das Wesen der dialektischen Beziehungen zwischen Struktur und Funktion auf der molekularen, subzellulären Ebene des Lebens aufgedeckt. Auf der molekularen Ebene manifestiert sich eine dialektische Beziehung zwischen Information und Funktion (DNS und Protein). Die Dialektik dieser Beziehung besteht darin, daß Funktion nur in der durch die Information organisierten Struktur möglich ist, Information aber nur durch die realisierte Funktion ihre Bedeutung erhält.

Daß materielle Prozesse und Strukturen durch Information zustande kommen und von ihr abhängen, daß dabei die (syntaktische) Information von [40] der Funktion (materiellen Prozeß, Struktur) räumlich und zeitlich getrennt ist, gleichzeitig aber selbst Struktur und Funktion ist, wurde erst auf der biologischen Ebene der Entwicklung der Materie, also in hochkomplexen Systemen realisiert. Die Unwahrscheinlichkeit des Lebens, die früher den Physiker beunruhigte, hat damit ihre Erklärung gefunden. Die Entdeckung der biologischen Information, die Aufklärung ihrer Struktur und Funktion sind, sieht man von den Entwicklungen der Atomphysik einmal ab, die theoretisch und philosophisch bedeutungsvollsten Ergebnisse der Naturwissenschaft des 20. Jahrhunderts, jedenfalls soweit wir bis jetzt in ihm fortgeschritten sind.

Mit dem Übergang zur Erforschung der Mikrowelt, der Mikroerscheinungen des Lebens, der biologischen Systeme und Prozesse auf molekularem Niveau vollzieht sich eine Revolution in der Wissenschaft, ähnlich der in der modernen Physik.

### 1.2. Das Wirksamwerden biomolekularer Strukturen im Verhalten lebender Systeme und das Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit

Betrachten wir technische Gebilde (z. B. Automaten), so sehen wir, daß sie aus vielen Gliedern bestehen, die untereinander komplizierte Beziehungen eingehen – sie sind strukturiert. Analysie-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ren wir aber diese Glieder, so erweisen sich diese in ihrer stofflichen Zusammensetzung als recht gleichförmig. Es zeigt sich beim unbelebten System, daß auch die überwiegende Anzahl der Verbindungen zwischen diesen Strukturelementen oftmals gleichartig ist. Technische Automaten bestehen aus sich bewegenden Gliedern, von denen jedes eine homogene Phase darstellt.

Diese weitgehende Gleichförmigkeit bzw. Homogenität in der stofflichen Zusammensetzung und diese Gleichartigkeit in der überwiegenden Anzahl der Verbindungen zwischen den Gliedern des Systems zeigen sich im Unterschied zu einem Makromolekül besonders deutlich bei einem Kristall.

So können z. B. bei einem Salzkristall die $Na^+$- und $Cl^-$-Ionen zu einem räumlich geordneten Gebilde zusammentreten, das nach außen hin elektrisch neutral erscheint. Dieses Gebilde wiederholt sich, sozusagen als Elementarzelle, periodisch und bildet so den Salzkristall. Wir können sein spezifisches Gewicht, elektrische Leitfähigkeit und Elastizität usw. messen und diese Eigenschaften auch mit Hilfe der Quantentheorie berechnen.

Zu der dem Salzkristall eigenen bestimmten räumlichen Struktur gehört natürlich eine bestimmte energetische Struktur, sonst wäre nicht anzunehmen, daß wir nur auf eine Art von Elementarzellen mit ganz bestimmten Ionenabständen treffen. Die makroskopischen physikalischen Eigenschaften des Kristalls sind im wesentlichen abhängig von den Kombinationen der $Na^+$-[41] und $Cl^-$-Ionen, die weitgehend äquivalent und daher nur im Durchschnitt physikalisch interessant sind.

Auch das Anorganische besteht natürlich aus Molekülen und Atomen und einer Vielzahl von Verbindungen zwischen den Strukturelementen. Ein entscheidender Unterschied des unbelebten gegenüber dem lebenden System besteht jedoch darin, inwieweit diese molekularen Strukturen für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden.

Die entscheidende Erkenntnis ist, daß Verbindungen zwischen Strukturelementen, die sowohl beim unbelebten wie beim lebenden System zu beobachten sind, in beiden Fällen jeweils von unterschiedlicher Bedeutung sind. Im lebenden System – und das ist das Entscheidende und Typische – können auch einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden.

Das unbelebte System weist recht bestimmte Strukturen auf. Veränderungen vollziehen sich im wesentlichen im Makroskopischen, während sich einzelne molekulare Veränderungen gegenseitig ausgleichen und so nur im statistischen Mittel wirksam werden.

Hier liegt ein entscheidender Unterschied gegenüber dem lebenden System vor. Im lebenden System wird nicht wie gewöhnlich in einem unbelebten System, sehen wir von der Wirkung bestimmter Verunreinigungen in Kristallen ab, die Wirkung einzelner molekularer Veränderungen im statistischen Mittel ausgeglichen. Im lebenden System kann sich ihr Einfluß im Laufe der Zeit auf alle Ebenen der Organisation verbreiten. Aus philosophischer Sicht ist es u. a. TEILHARD DE CHARDIN, der in seiner plastischen Sprache auf dieses Problem aufmerksam macht, indem er schreibt:

„Sobald man sich die Mühe macht, die ersten Lebensformen mehr hinsichtlich dessen, was ihnen vorangeht, als dessen was ihnen folgt, zu beobachten, erscheint zunächst ein besonderes Merkmal, das seltsamerweise unseren Blick bisher nicht stärker beeindruckt hat; daß nämlich in und durch die Zelle die molekulare Welt ‚in Person' (wenn ich so sagen darf ...) an die Oberfläche dringt, hindurchgeht und sich im Schoß der höheren Strukturen des Lebens verliert." (**165**, S. 59.)

Man spricht also mit Recht von den molekularen Grundlagen der Organisation lebender Systeme. Vom Gesichtspunkt der höheren Strukturen (der Makrostrukturen) kann man die durch sie „an die Oberfläche dringenden" Wirkungen der molekularen Organisation als innere Inputs betrachten. Auf diesen Gedanken kommen wir wieder zurück, denn wie insbesonde-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

re ELSASSER (**31**, S. 1) deutlich zu machen suchte, *hängt die Existenz spezifisch biologischer Verhaltensweisen im wesentlichen gerade ab von dieser Koppelung chemischer Prozesse auf höherer Ebene mit der immensen Vielfalt der mikroskopischen Strukturen der organischen Makromoleküle*.

Die Ergebnisse, zu denen man bei der Erforschung der Sichelzellenanämie gelangte, wären undenkbar, wenn nicht der lebende Organismus bis hin zum Molekül, ja bis zum letzten Atom, in spezifisch biologischer Weise durchstrukturiert wäre und wenn nicht die strukturellen Veränderungen im mole-[42]kularen Bereich für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden könnten.

Es genügt bekanntlich der Ersatz eines Glutaminsäurerestes durch Valin, um ein Hämoglobin zu erhalten, welches nicht mehr in der Lage ist, den Organismus genügend mit Sauerstoff zu versorgen, so daß eine Anämie entsteht. Das pathologische Hämoglobin S unterscheidet sich also durch diesen Austausch (nur in einer einzigen Aminosäure in beiden $\beta$-Ketten) nur in je einem von 146 Aminosäureresten vom Hämoglobin A.

Es wurde gezeigt, daß der Austausch von nur 3 Atomen eines Virusmoleküls aus 5.250.000 Atomen ein unschädliches in ein außerordentlich gefährliches Virus verwandeln kann.

In jüngster Zeit wurden u. a. vor allem zwei Modellvorstellungen über den Vorgang dieses Wirksamwerdens molekularer bzw. atomarer Gestaltung für das Gesamtverhalten des lebenden Organismus diskutiert: einmal die von JORDAN (**65**) entwickelte Verstärkertheorie und zum anderen Vorstellungen von ELSASSER (**31**), die durch den Vergleich des lebenden Organismus mit einem Automaten gewonnen wurden. ELSASSERs Vorstellungen dienen der Überwindung der Verstärkerkonzeption, die letztlich zu einer völlig statischen Auffassung von der Zelle führt. Ist jedoch einmal die Bedeutung der Dynamik für die lebende Zelle erkannt, so führt dies auch über die an Automaten gewonnenen Erkenntnisse hinaus und läßt die nur für das Lebende spezifische Dynamik deutlich werden. Die für das Lebende spezifische Verbindung von Struktur und Funktion tritt hervor.
Gemeinsamer Ausgangspunkt beider ist die Tatsache, daß die statistische Aktivität der atomaren Reaktionen durch Mittelwertsbildung dazu führt, daß in den makroskopischen Bereichen der unbelebten Natur praktisch die mechanistische Kausalität herrscht.
Einzelne molekulare Veränderungen werden ausgeglichen und so nur in ihrer Gesamtheit für das Verhalten des Systems wesentlich.
Die lebende Natur ist für JORDAN dadurch „gekennzeichnet, daß die Akausalität bestimmter atomarer Reaktionen sich verstärkt zur makroskopisch wirksamen Akausalität“. Von diesen akausalen Einzelereignissen wird das Lebensgeschehen diktatorisch gesteuert. An diese steuernden Mikroprozesse schließen sich streng kausale makrophysiologische Prozesse an, die planvolle und zielstrebige Vorgänge ermöglichen.
Mit Hilfe der Verstärkertheorie versuchte JORDAN (wohl mit als erster) eine Antwort zu geben auf die Frage, wie die molekulare Organisation für das Verhalten des biologischen Systems wesentlich wird. Strahlen, die auf die Keimzellen einwirken, können, wie JORDAN immer wieder hervorhebt, „durch Abreißung eines einzigen Elektrons eine Mutation, eine Veränderung der Erbmasse vollziehen“ (**66**, S. 55 f.).
Für eine Auswirkung mikrophysikalischer Einzelereignisse im makroskopischen Geschehen des Lebewesens sprechen die Untersuchungen über die Empfindlichkeit von Lichtrezeptoren bis hinab zu wenigen Quanten und die Abtötung von Bakterien durch einzelne Treffer in empfindlichen Zellorganellen. Der Gedanke einer Verstärkung mikrophysikalischer Einzelereignisse ist nicht von vornherein von der Hand zu weisen. Es geht hier jedoch um die Deutung dieser Fakten durch JORDAN.
Vor allem kennzeichnet ROTHSCHUH die Interpretation der Tatsachen durch JORDAN sehr richtig als quantenphysikalischen Vitalismus: „Diese Theorie läßt sich als ‚quantenphysikalischer Vitalismus‘ bezeichnen, insofern als steuernde Vorgänge, die früher auf Entelechie zurückgeführt wurden, im Bereich der Quantenereignisse ohne Verletzung des Energieprinzips und ohne Behinderung durch die Kausalität des Makrobereichs sinnvolle Erscheinungen hervorrufen sollen.“ (**138**, S. 51.) JORDAN dehnt den in der Quanten-[43]physik postulierten Indeterminismus auf die Biologie und die Sinnesphysiologie aus, da in diesen Bereichen das indeterministische quantenphysikalische Einzelereignis von prinzipieller Bedeutung sei. Dort, wo kein quantenphysikalisches Einzelereignis zur Geltung kommt, herrscht nach seiner Meinung der mechanische Determinismus. Wo dies nicht der Fall ist, ist dies zu kennzeichnen als „Ausnahmestellen, wo die sonst lückenlos gültige makrophysikalische Kausalität durch Spontanereignisse durchbrochen wird“ (**65**, S. 45).
JORDAN hat auch gar nicht die Absicht, den Determinismus im strengen Sinne auf allen Gebieten aufzuheben. Er sagt selbst, warum: „... denn nur der Anschluß an die geschlossene Kausalität der Oberwelt ergibt die Möglichkeit von Strukturen und Reaktionen mit teleologischer Wirksamkeit“ (**65**, S. 87). Der Indeterminismus in

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

einem Punkt gibt erst die Möglichkeit für das Eingreifen immaterieller Kräfte, deren teleologische Wirksamkeit aber wiederum im weiteren einen geschlossenen Kausalzusammenhang im umgekehrten Sinne voraussetzt.
*So findet der Indeterminismus, da er in seiner Konsequenz nicht durchführbar ist, seine Ergänzung in der Teleologie, und die Teleologie findet im Indeterminismus ihre Voraussetzung.*
Ganz anders, ja fast gegensätzlich zu den Auffassungen von JORDAN, versucht ELSASSER das Problem zu lösen, *wie die molekulare Gestaltung für das Gesamtverhalten des Organismus wesentlich werden kann.*
ELSASSER (**31**) geht es nicht darum, wie bestimmte quantenphysikalische Einzelereignisse sich in einem sonst völlig starr verstandenen biologischen System auswirken, sondern er erfaßt die lebende Zelle in ihrer einheitlichen Dynamik. Er stellt die Frage, wie sich die gesamte Dynamik der molekularen Struktur mit der Dynamik der höheren Strukturen (der Makrostruktur) verbindet und für das Verhalten des Systems von Bedeutung wird, wie sie in ihrer Einheit biologische Formen des Verhaltens ermöglicht. ELSASSER verweist selbst auf den Unterschied seiner Auffassungen zu den Ansichten von JORDAN, indem er schreibt: „Doch sollte man nicht denken, daß sich die biotonischen Formen des Verhaltens in einer vereinfachten Weise als Verstärkerprozesse behandeln lassen, mit (wie angenommen) einem operationell unspezifisch wirksamen Input. Bestimmte Autoren (vor allem der deutsche Physiker JORDAN) haben die Bedeutung von Verstärkerprozessen im Organismus betont. Während diese Ansicht ihre Verdienste und suggestive Macht hat, erscheint es uns, daß sie das mechanische Element in der einheitlichen Dynamik der Zelle überschätzt.“ (**31**, S. 163.)
ELSASSER unterscheidet sich demnach in seinen Auffassungen gerade in dem auch hier an JORDAN kritisierten Punkt, daß letzterer den lebenden Organismus starr, außer in den Ausnahmefällen, der mechanistischen Kausalität unterworfen betrachtet.
Eine andere Möglichkeit, welche die Starre der Verstärkertheorie überwindet, allerdings zunächst noch nicht die Annahme eines strengen Determinismus im lebenden Organismus, findet ELSASSER durch den Vergleich des Lebenden mit einem Rechenautomaten. Diese Konzeption, die sich auf die innere Dynamik des gesamten biologischen Systems stützt, führt dann jedoch auch über das Modell des Rechenautomaten und den strengen Determinismus hinaus (vgl. S. 222).

Charakteristisch für die lebenden Systeme ist ihr hoher Ordnungszustand, d. h. die außerordentlich hohe Abgestimmtheit der sich vollziehenden Prozesse. Wesentlich dabei ist, daß diese Organisation von besonders hochorganisierten Atomgruppen bzw. Gruppen von Molekülen reguliert wird. Auch das Gebiet des Makromolekularen hat also einen hohen Ordnungsgrad. Diese Ordnung (*unter Ordnung verstehen wir eine Eigenschaft der Struktur*) kann [44] sich selbst erhalten und andere geordnete Vorgänge hervorrufen, denn von diesen Strukturen mit hohem Ordnungsgrad ist die Reaktionsweise der Enzyme abhängig. Es genügt, wie wir sahen, die Umstellung weniger Atome, um makroskopische Veränderungen hervorzurufen und damit wesenhafte Eigenschaften lebender Systeme zu bestimmen. So sind einzelne Atomgruppen Ausgangspunkt geordneter Vorgänge – *es entsteht Ordnung aus Ordnung*. Die Gesetze des Zufalls (der Thermodynamik) werden durch diese besonderen Eigenschaften der Makromoleküle nicht entkräftet, in ihren Auswirkungen jedoch modifiziert. Die Lebensprozesse beruhen offensichtlich nicht allein auf der Tendenz der Materie, aus Ordnung in Unordnung überzugehen, sondern zum Teil auf einer bestehenden Ordnung, die erhalten bleibt bzw. ständig wieder geschaffen wird.

Die hier herausgestellte Determination der Lebensprozesse durch einzelne hochorganisierte Atomgruppen ist für das Verständnis des Lebenden von besonderem Interesse. Das Wirksamwerden dieser biomolekularen Strukturen im Gesamtverhalten lebender Systeme kann man sich in einer groben Näherung am Beispiel eines Rechenautomaten verdeutlichen.

In einem Rechenautomaten gibt es eine Vielzahl von Verbindungen zwischen den Teilen des Systems. Die Information, die durch die Eingangskanäle in den Rechenautomaten eintritt, wird durch das Programm im Verlaufe der Zeit über die Anlage verteilt und mit der schon zirkulierenden Information vermischt bzw. mit ihr verarbeitet. Prozesse der Informationsverarbeitung sind Prozesse der planmäßigen Veränderung von Informationen, der *Verknüpfung* von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien.

Wird nun diese Vorstellung auf den Enzym-Substrat-Komplex angewendet, so müßte man annehmen, daß nach einer bestimmten Zeit die den strukturellen Einzelheiten des Makromoleküls entsprechenden Informationen die Dynamik der Zelle beeinflussen und so zu höheren Ebenen der Organisation aufsteigen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Unzählige katalytische Reaktionen laufen in der Zelle ab. Sie bilden ein außerordentlich enges Netz gegenseitiger Beziehungen, der Konkurrenz, der Rückkopplung und der Wechselwirkung. Es ist möglich, dieses System wechselseitiger Beziehungen auf Rechenautomaten zu simulieren. In der Tat zeigen insbesondere die Arbeiten von CHANCE, GARFINKEL, HIGGINS und HESS (**21**, **21a**, **21b**, **22**), daß man auf Rechenautomaten als universellen Modellen ein homomorphes Abbild dieser Prozesse gewinnen kann (vgl. S. 166 ff.).

Diese Möglichkeit (der Analogie zum Automaten) soll uns hier zunächst nur helfen, die für das Lebensgeschehen außerordentlich wichtigen Erscheinungen zu verstehen, wie möglicherweise einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten des Lebewesens wesentlich werden können.

Eine entscheidende Schlußfolgerung aus der Analyse der Regulation des Zellstoffwechsels vorwegnehmend, können wir feststellen: Alle bisher aufgedeckten allmeinen Typen der Regulation (mit Ausnahme des Typs, der auf der Massenwirkung beruht), stehen in direkter Beziehung zur spezifischen Struktur der Enzyme bzw. der Nukleinsäuren. Entsprechend unserer Modell-[45]vorstellung erweisen sich die Regulationsmechanismen gewissermaßen als die „Pfade“, auf denen die den strukturellen Einzelheiten der molekularen Struktur entsprechenden Informationen zu anderen bzw. höheren Ebenen der Organisation gelangen, so daß auf diese Weise auch einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden können; ja gerade das ist typisch für das Lebensgeschehen.

Dies führt uns zum Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit, da das lebende System, die Zelle, Zellplasma und Zellorganellen bis hin zum letzten Atom und Ion in spezifisch biologischer Weise strukturiert ist und keine statistische Verteilung der Teilchen wie in der unbelebten Natur vorliegt. Die Tatsache der Integration aller Strukturebenen ermöglicht, daß durch vielfältige wechselseitige Abhängigkeiten einzelne molekulare Veränderungen für das Verhalten des Gesamtsystems wesentlich werden können, während sich im unbelebten System solche einzelnen Veränderungen für gewöhnlich im statistischen Mittel ausgleichen. Dieser Tatsache möchte ich Ausdruck verleihen durch die Formulierung des *Prinzips der durchgängigen Strukturiertheit*.

Das Prinzip der Strukturiertheit der Materie ist ein allgemeines Prinzip des dialektischen Materialismus; es sagt aus, daß die Materie – die außerhalb und unabhängig von jeglichem Bewußtsein existierende objektive Realität – nicht anders als strukturiert existiert.
LENIN schied den erkenntnistheoretisch formulierten Materiebegriff – seine Definition in Gegenüberstellung zum Bewußtsein – ausdrücklich von der konkreten Struktur der Materie. Letzteres ist der Forschungsgegenstand der verschiedenen Einzelwissenschaften. LENIN schrieb: „Es ist aber völlig unzulässig, die Lehre von dieser oder jener Struktur der Materie mit einer erkenntnistheoretischen Kategorie zu verwechseln, die Frage nach den neuen Eigenschaften der neuen Arten der Materie (z. B. der Elektronen) mit der alten Frage der Erkenntnistheorie, der Frage nach den Quellen unseres Wissens, der Existenz einer objektiven Wahrheit u. a. m. zu verwechseln.“ LENIN (**95**, S. 118) wies in seiner Auseinandersetzung mit dem Machismus eindeutig nach, daß die Entdeckung neuer Arten der Materie nichts daran ändert, daß diese unabhängig und außerhalb jeglichen Bewußtseins existiert. Unsere Erkenntnisse über die konkreten Strukturen der Materie vervollkommnen sich mit jedem Fortschritt der Wissenschaften, ohne daß davon das grundlegende Verhältnis von Materie und Bewußtsein berührt wird.

Das allgemeine Prinzip, daß Materie nur strukturiert existiert, sagt aber noch nichts aus über die Kompliziertheit der Struktur. Man kann jedoch offensichtlich unterschiedliche Strukturniveaus feststellen. Das jeweilige Strukturniveau findet seinen Ausdruck im Grad der Integration der einzelnen Strukturelemente zu höheren Struktureinheiten.

Mit der weiteren Integration nimmt die Wechselwirkung der Strukturelemente untereinander und mit anderen Strukturelementen zu. Es steigt damit der Grad gegenseitiger Abhängigkeit und wechselseitiger Bestimmtheit. Es verändern sich mit der Integration nicht nur die Systeme, sondern auch die Elemente, die integriert werden. Sie zeigen neue Eigenschaften, die ihnen zuvor nur in Möglichkeit zukamen, oder zuvor vorhandene Eigenschaften werden un-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

terdrückt. Sie erhalten also durch die Integration neue Möglichkeiten ihrer Entfaltung. Eine außerordentlich wichtige Funktion des [46] Stoffwechsels lebender Systeme, die in ihrer Bedeutung noch nicht immer in genügendem Maße erkannt wird, besteht in der *Gewährleistung der Integration*. Hier geht es um die Integration aller Strukturniveaus. *Der Stoffwechsel verbindet die verschiedensten Ebenen der Aktivität*.

Biologische Strukturen sind jedoch niemals absolut starr, konstant bzw. statisch, unveränderlich. Sie sind Ergebnis ständiger Auf- und Abbauprozesse des Stoffwechsels, der wiederum durch sie bedingt ist.

*Der Stoffwechsel verbindet nicht nur die verschiedenen Ebenen der Aktivität* (Funktion der Integration, die wir eben in ihrer Bedeutung hervorgehoben haben), *sondern er beeinflußt ständig auch die strukturellen Eigenschaften der Makromoleküle selbst*. In der Stoffwechselaktivität ändern sich ihre Komponenten. Die Eiweiße z. B. denaturieren reversibel, d. h., sie erleiden Strukturveränderungen. Im Verlaufe der Zeit kann man eine fortschreitende Veränderung der molekularen Struktur der Zelle beobachten. Biologische Strukturen sind also nicht zeitinvariant. Das Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit gilt es in dialektischer Einheit mit dem Prinzip der alles erfassenden Dynamik zu sehen.

### 1.3. Konstanz und Variabilität – Informationsspeicherung und das Problem der Strukturstabilität auf molekularem Niveau

Unser heutiges Weltbild ist dynamisch. Wir erfassen die objektive Realität in ihrer ständigen Bewegung, Veränderung und Entwicklung. Die Struktur, die Aufteilung des Systems in miteinander verbundene Teilsysteme, die Gesamtheit der relativ konstanten Beziehungen zwischen den Teilen des Ganzen, ist auf Grund der Relativität der Ruhe und der Absolutheit der Bewegung selbst relativ.

HERAKLIT VON EPHESOS hob als erster die ständige *Bewegung* und Veränderung der Dinge und Erscheinungen – den „ewigen Fluß aller Dinge“ – ins theoretische Bewußtsein. „Wir steigen in denselben Fluß und doch nicht in denselben; wir sind es, und wir sind es nicht“ (**53**).
Was er bezweifelt, ist die Konstanz der empirischen Eigenschaften der Dinge. Er sieht die Relativität der Ruhe, ohne, wie sein Schüler KRATYLOS, die Bewegung zu verabsolutieren.
HERAKLIT, der Denker der Bewegung, stellt sich der stoischen Ruhe entgegen, die sich auch in der platonischen Ideenschau wiederfindet. Auch die Atome des DEMOKRIT stellen in gewisser Weise noch das starre, allerdings zertrümmerte, eleatische Sein dar. Sie sind, mit den Augen des Bildhauers gesehen, unveränderliche kleine Teilchen. Solche Vorstellungen waren auch späterhin, geprägt durch die klassische Physik, die Grundlage für den mechanisch-materialistischen Materiebegriff.

Was gewährleistet aber die relative Ruhe, welches sind die die Beständigkeit unserer Welt gewährleistenden Faktoren? Zunächst glaubte man, einen solchen Faktor in der *korpuskularen Unveränderlichkeit bzw. Geringstveränderlichkeit* sehen zu können.

[47] Grundlage für den mechanisch-materialistischen Materiebegriff war die Annahme letzter, qualitativ unveränderlicher Grundbausteine, die aufeinander einwirken, ohne ihre Individualität aufzugeben oder sich irgendwie zu verändern. Hier gibt es keine echte Entwicklung, alles nimmt seinen prädeterminierten Verlauf.

Der Physiker weiß heute, daß die Struktur einzelner Elementarteilchen nicht nur in Wechselwirkung mit anderen Teilchen ausbildet, daß die Struktur selbst Prozeß ist. Die Elementarteilchen sind nicht mehr zu verstehen als isolierte, qualitativ unveränderliche Korpuskel, sondern sie stehen miteinander in Wechselwirkung und wandeln sich ineinander um. An die Stelle starrer, unveränderlicher Seinsstrukturen tritt der ständige Geschehensfluß.

Für den Biologen ist der Prozeßcharakter lebender Systeme an sich schon lange eine vertraute Erscheinung. Denn das Leben zeigt sich in einer Fülle von Strukturen, diese sind jedoch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nur äußerlich beständig und gleichbleibend. Sie sind in Wirklichkeit Ausdruck dieses immerwährenden Geschehensflusses – auch hier ist die Struktur selbst Prozeß.

Wir kommen damit zu einem tieferen Verständnis der Einheit von Struktur und Prozeß und an einen Punkt, an dem sich die Aussagen der modernen Physik mit denen der modernen Biologie in methodisch vergleichbarer Weise berühren.

*Die biologischen Strukturen sind das Ergebnis ständiger Aufbau-, Abbau- und Umlagerungsprozesse des Zellstoffwechsels, der wiederum durch sie bedingt ist.*

Der den biologischen Strukturen zugrunde liegende Geschehensfluß gibt den Organismen, ihren Organen, den einzelnen Zellen und Zellbestandteilen ihre außerordentliche Variabilität und Plastizität, aber auch ihre Stabilität.

Einer der fruchtbarsten Gedanken der letzten zwei Jahrzehnte wissenschaftlicher Forschung, der im Zusammenhang mit dem Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit steht, war die Erkenntnis des engen Zusammenhangs zwischen Erbinformation und molekularer Ordnung.
Die Erfolge bei der Erforschung des sozusagen „phylogenetischen Gedächtnisses“, die weitgehende Entschlüsselung des genetischen Codes, führen dazu, daß man sich in konsequenter Verallgemeinerung des Prinzips der durchgängigen Strukturiertheit fragt, ob nicht auch Beziehungen bestehen könnten zwischen molekularen Strukturen und dem psychischen Gedächtnis. Die Frage, ob molekulare Engramme eine Rolle spielen, ist heute noch nicht geklärt (s. auch S. 301 f.). Es ist also offen, ob die Lebewesen im Laufe der Evolution die Fähigkeit erworben haben, Gedächtnisinformationen auf molekularem Niveau zu speichern und damit die hochdifferenzierten neuralen und synaptischen Netzwerke nur zur Leitung und Verarbeitung der Information benutzt werden *oder* ob die Verknüpfungen dieser Netzwerke selbst zur Speicherung der Information verwendet werden und die spezifische Struktur der Makromoleküle dann nur spezifische Schaltelemente bildet. Heute wird letzteres als wahrscheinlicher angenommen. Unabhängig von der Klärung dieser Frage wollen wir jetzt aber herausstellen, daß man Probleme der Informationsspeicherung auf dem molekularen Strukturniveau des lebenden Organismus nur verstehen kann, wenn man die tiefe Einheit von Struktur und Prozeß berücksichtigt.

[48] Im Zusammenhang mit dem Begriff Struktur dürfen die Naturvorgänge nicht unerwähnt bleiben, die darauf gerichtet sind, Strukturen zu zerstören. Das sind z. B. die Diffusion, die bestrebt ist, eine mittlere Gleichverteilung aller Massen herbeizuführen, und die Wärmeleitung, die in nicht umkehrbarer Weise alle Temperaturunterschiede auszugleichen sucht. Geht man von den reichen Erfahrungen aus, die der Informationsverarbeitungstechniker bei der Speicherung von Informationen in modernen Rechenmaschinen sammeln kann, so zeigt sich, daß hier das Rauschen, d. h. die zufällige Wärmefluktuation, die in ihrer Wirkung zu einer irreversiblen Vernichtung der codierten Information führt, ein entscheidendes Problem ist.

Bei der maschinellen Informationsverarbeitung werden die Informationen auf mechanisch stabilen Speichermaterialien (Datenträgern) wie Lochkarten, Magnetband, Ferritkernspeicher u. a. festgehalten. Zur Veranschaulichung der Informationsspeicherung auf molekularem Niveau, sei es nun die Engrammbildung oder die Speicherung der Erbinformation, werden sehr häufig Analogien aus dem Bereich der Informationsverarbeitungstechnik herangezogen. Man veranschaulicht sich die Engrammbildung in Analogie zur Herstellung einer Grammophonplatte, man zieht zur Veranschaulichung der Speicherung der Erbinformation auch Speichermedien der Automatisierungstechnik heran, wie Magnettrommelspeicher, Lochkarte, Matrize usw. All diesen Speichermedien ist jedoch eines gemeinsam: es sind mechanische Speicher, die die Erhaltung der Information über längere Zeit auf der Grundlage des Prinzips korpuskularer Geringstveränderlichkeit gewährleisten.

Es läßt sich nun zeigen, daß bei einer solchen Speicherung der Information auf molekularem Niveau Informationsverluste durch Wärmebewegung praktisch unvermeidlich wären. Denn selbst bei den Rechenanlagen, die doch sehr viel größer und thermostabiler sind, können Informationsverluste auf Grund von Wärmebewegung so ernsthaft werden, daß mit einem großen Aufwand an Apparaturen gegen sie der Kampf geführt werden muß.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Aus diesen relativ einfachen thermodynamischen Gedanken folgt, daß *weder die DNS noch irgendein anderes Makromolekül einen guten mechanischen Informationsspeicher darstellen kann*.

Die Unvermeidbarkeit von Informationsverlusten bei mechanischer Informationsspeicherung verlangt nach einem anderen Prinzip der Speicherung.

Mit dem Problem der Informationsspeicherung hatte sich schon ERWIN SCHRÖDINGER in seinem berühmten Buch „Was ist Leben?“ beschäftigt. Dieses Buch war von großer Bedeutung für die Entwicklung der Molekularbiologie.

Hier stellte einer der Begründer der modernen Physik die Frage nach dem Wesen des Lebens und orientierte damit die Anstrengungen vieler anderer Forscher auf ein neues Gebiet, auf dem er viele neue und aufregende Erkenntnisse erwartete. So wurde, wie G. S. STENT hervorhebt, „SCHRÖDINGERS Buch eine Art ‚Onkel Toms Hütte‘ der Revolution in der Biologie, die nun, nach dem sich der Staub verzogen hat, die Molekularbiologie als Vermächtnis hinterließ.“ (**20b**, S. 13.)

[49] SCHRÖDINGER verdeutlichte, daß das entscheidende zu klärende Problem das des Mechanismus der Vererbung ist.

Er machte auf das Problem des „Langzeitgedächtnisses“ in seiner Bedeutung für die Biologie und die damit verbundene Frage nach der Erhaltung der Nutzinformation über längere Zeit aufmerksam und kommt zu dem Schluß, daß die Gene ihre Struktur deshalb erhalten, den Fluktuationen widerstehen können, weil das Chromosom ein *aperiodischer Kristall* ist, dessen Atome in Energieniveaus bleiben. Trotz verschiedener Annahmen, unter anderem, daß sich die Erbanlagen wegen ihrer Stabilität nach dem NERNSTschen Theorem in der Nähe des absoluten Nullpunktes befinden müßten, konnte er, ausgehend von dem Prinzip der Geringstveränderlichkeit, das Problem der offensichtlichen Erhaltung der Struktur der Gene über viele Generationen nicht lösen, weil er von *mechanischen* und nicht von *biologischen Strukturen* ausging.

Auf dieser Grundlage wird dann das Problem, worauf die Sicherung der Erbspezifität beruht, offenbleiben. Die relative Stabilität der Atome im DNS-Molekül kann nicht ihren jeweiligen artspezifischen Zusammenschluß stabilisieren. Da der Formenwechsel lebender Systeme überaus dynamischer Natur ist, bleibt auch die Frage, ob die Stabilität durch das Prinzip korpuskularer Unveränderlichkeit ausreichend garantiert werden kann, auch wenn bekanntlich die DNS dem Wechsel weitgehend entzogen ist und das Prinzip der korpuskularen Unveränderlichkeit hier stark hervortritt. In der Tat zeigt die moderne biochemische Forschung, daß die DNS eine metabolisch äußerst passive Verbindung ist. Diese große metabolische Trägheit der DNS ist ein sehr wichtiger stabilisierender Faktor. Bei der außerordentlichen Kompliziertheit des Stoffwechselnetzes reicht die dynamische Beständigkeit allein sicher für die genaue Autoreduplikation des lebenden Systems im Teilungsprozeß nicht aus. Sie stellt das konservative Element dar und gewährleistet die Konstanz der Zusammensetzung der Struktur und des Stoffwechsels. Die Frage bleibt jedoch, ob dieser Konservatismus absolut ist und ob nicht noch mit anderen stabilisierenden Faktoren zu rechnen ist, die die Spezifität der Systemzusammenhänge garantieren, ohne daß irgendwo im System eine absolute Unveränderlichkeit der Struktur vorausgesetzt werden muß.

ELSASSER hat dieses für die biologische Theorie so wichtige Problem der Stabilität der Genstruktur vom Gesichtspunkt der Kybernetik nochmals durchdacht. Er kommt, allerdings bei Überbewertung des dynamischen Moments, zu einer Auffassung, die der von SCHRÖDINGER vertretenen entgegengesetzt ist.

Die Informationsspeicherung in lebenden Organismen ist das zentrale Problem in ELSASSERs Studie (vgl. **31**, S. 121 f.). ELSASSER hebt an anderer Stelle hervor: „Unser Standpunkt ist konträr dem, der von SCHRÖDIN-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

GER eingenommen wird, welcher annimmt, daß die Stabilität der Gene gegründet ist auf die quantenmechanische Stabilität streng verbundener Moleküle in den Chromosomen.“ (**31**, S. 198.)

Darüber hinaus sieht ELSASSER, wie schon eingangs deutlich gemacht wurde einen grundsätzlichen Unterschied zu der Art, wie in Automaten Information gespeichert und ihre Stabilität gesichert wird.

[50] SCHRÖDINGER glaubt, den entscheidenden Zutritt zum Verständnis des Lebenden in der nur dem Lebenden eigenen Struktur, der Genstruktur, zu sehen, die „eine derartige Langlebigkeit und Beständigkeit offenbart, die an ein Wunder grenzt“. Sie ist unveränderlich, gewissermaßen eingefroren, erstarrt. Die Organisation des Lebenden entspricht nach dieser Auffassung der eines Uhrenmechanismus’, dessen Struktur im wesentlichen gleichbleibt.

SCHRÖDINGER schreibt: „Man gewinnt also den Eindruck, daß das ‚neue Prinzip‘, das Prinzip der Ordnung aus Ordnung, auf das wir so feierlich als den wirklichen Schlüssel zum Verständnis des Lebens hingewiesen haben, der Physik gar nicht so neu ist. Nach PLANCKs Stellungnahme gebührt ihm sogar die Priorität. *Wir kommen scheinbar zu der merkwürdigen Schlußfolgerung, der Schlüssel zum Verständnis des Lebens liege darin, daß es auf einem reinen Mechanismus, einem ‚Uhrwerk‘ im Sinne der Planckschen Arbeit beruhe*.“
SCHRÖDINGER fügt hinzu: „Diese Schlußfolgerung ist gar nicht so merkwürdig und nach meiner Auffassung nicht einmal ganz falsch. Allerdings ... nur ... mit einem ‚sehr großen Körnchen Salz‘ zu genießen.“ (**147**, S. 116.)
An anderer Stelle schreibt SCHRÖDINGER:
„Diese Feststellung klingt sehr banal, ich meine aber doch, daß sie das Wesentliche trifft. Uhrwerke können ‚dynamisch‘ arbeiten, weil sie aus festen Körpern bestehen, die ihre Gestalt infolge der London-Heitlerschen Kräfte bewahren und widerstandsfähig genug sind, um sich bei gewöhnlicher Temperatur der Tendenz auf Unordnung der Wärmebewegung zu entziehen.
Nun, denke ich, bedarf es nicht mehr vieler Worte, um aufzuzeigen, worin ein Uhrwerk und ein Organismus einander ähnlich sind. Die Ähnlichkeit beruht ganz einfach darin, daß der Organismus ebenfalls in einem festen Körper verankert ist – dem aperiodischen Kristall, der die Erbsubstanz bildet und der Unordnung aus Wärmebewegung weitgehend entzogen ist.“ (**147**, S. 120-121.)
„Der Vergleich beruht auf tiefgründigen physikalischen Theorien, es wird also nicht einfach die Kernschleife mit einem Zahnrad verglichen, dieser Vorwurf wäre allerdings unberechtigt.“ – Worin besteht nun aber nach SCHRÖDINGER der grundlegende Unterschied, der den Ausdruck ‚neuartig‘ rechtfertigt?
Erstens die merkwürdige Verteilung der ‚Zahnräder‘ in einem vielzelligen Organismus, ... zweitens die Tatsache, daß das einzelne Zahnrad nicht ein plumpes Menschenwerk ist, sondern das feinste Meisterstück, das jemals nach den Leitprinzipien von *Gottes Quantenmechanik vollendet wurde*.“ (**147**, S. 120-121.)

In dieser Vorstellung besitzt das Gen die Eigenschaften eines idealen Speichermechanismus im Sinne der Automatisierungstechnik. Der Idealfall eines solchen Informationsspeichers liegt dann vor, wenn die abzubildende Gegebenheit im Bild sozusagen „einfriert“ und nicht mehr auftaut, d. h., wenn die homomorphe Repräsentation des Sachverhaltes, der sich auf einen bestimmten Teil der Wirklichkeit bezieht, zeitlich völlig unveränderlich ist. Aus diesem Grunde muß SCHRÖDINGER annehmen, daß die Erbinformation vom Zauberstab der göttlichen Quantenmechanik behütet wird und der aperiodische Kristall, in dem die Erbformation gespeichert ist, als in der Nähe des absoluten Nullpunktes liegend zu betrachten sei.

[51] Die Quantentheorie zeigt, daß die einzige Möglichkeit, die es gibt, die Organisation des 1. Typs zu beseitigen, also ein vollständig reversibles System zu bilden, so daß das System die Merkmale eines Uhrwerkes zeigt (d. h. dynamische Gesetzmäßigkeiten im Sinne PLANCKS), darin besteht, dieses System auf den absoluten Nullpunkt zu stellen.
Das ist das Prinzip von NERNST, das SCHRÖDINGER für so bedeutsam hält, daß er es zum 3. Prinzip der Thermodynamik erklärt. Aber man kann von dieser Forderung abweichen, denn damit ein System sich annähernd reversibel verhält, genügt schon eine entsprechend tiefe Temperatur, nicht notwendigerweise die tiefste. Denn selbst bei Labortemperaturen ist oft schon das Anwachsen der Entropie vieler chemischer Reaktionen zu übersehen.

SCHRÖDINGER kommt dann zu einer wissenschaftshistorisch und wissenschaftstheoretisch außerordentlich interessanten Feststellung: „Aus DELBRÜCKs allgemeinem Bild von der Erbsubstanz geht hervor, daß die lebende Materie zwar den bis jetzt aufgestellten ‚physikalischen Gesetzen‘ nicht ausweicht, wahrscheinlich aber doch bisher unbekannten ‚anderen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

physikalischen Gesetzen‘ folgt, die einen ebenso integrierenden Teil dieser Wissenschaft bilden werden wie die ersteren, sobald sie einmal klar erkannt sind.“ (**147**, S. 96.)

Dieser Auffassung verleiht DELBRÜCK selbst Ausdruck in seinem bekannten Artikel „Ein Physiker betrachtet die Biologie“ (**20b**, S. 19-33). Der Grundgedanke, daß „andere Gesetze der Physik“ beim Studium des Gens entdeckt werden könnten, war, wie STENT hervorhebt, wahrscheinlich eine wichtige Triebfeder der Physiker, sich mit der Biologie zu beschäftigen. Er schreibt: „Diese Suche nach dem physikalischen Paradoxon, diese eines Don Quichotte würdige Hoffnung, die Genetik könne im Rahmen der konventionellen Physik nicht begreiflich sein, blieb ein wesentliches Element der psychologischen Infrastruktur der Schöpfer der Molekularbiologie.“ (**20b**, S. 14.)

SCHRÖDINGER sagt prophetisch voraus, daß die „Fortschritte (wie die Erbsubstanz eigentlich arbeitet) von der Biochemie unter der Führung von Physiologie und Genetik“ kommen werden.

SCHRÖDINGER erwähnt die „Ein-Gen-ein-Enzym-Theorie“, die den Weg für die Molekulargenetik ebnete, noch nicht.

Der entscheidende Durchbruch wurde durch die Entdeckung der Watson-Crick-Struktur der DNS und des Mechanismus ihrer Replikation erreicht. Bei der Aufklärung des Replikationsmechanismus der DNS und des Mechanismus der Proteinsynthese trat kein Paradoxon auf und wurden auch keine „anderen physikalischen Gesetze“ gefunden.

Zum Verständnis der Wirkungsweise des genetischen Materials scheint es zu genügen, das Knüpfen und Verschmelzen von Wasserstoffbrücken zu verstehen.

Auch vom Standpunkt der Kybernetik läßt sich das Problem der Stabilität der Erbinformation wesentlich besser klären, zumindest kommen neue Gesichtspunkte hinzu, und es wird nicht notwendig sein, den Zauberstab der göttlichen Quantenmechanik zu bemühen bzw. das Auftreten von Paradoxien zu erwarten.

[52] Von hier aus läßt sich nun auch eine Gegenargumentation gegen die präformistische Konzeption entwickeln. Der Präformismus in modernisierter Form muß annehmen, daß eine isomorphe Repräsentation oder auch nur eine „feste homomorphe Repräsentation“ (Bild, Modell) des erwachsenen Organismus in der Keimzelle existiert. Man muß sich nun deutlich machen, daß eine solche isomorphe oder homomorphe Repräsentation (Abbildung oder Modell) selbst wieder ein System ist. Dieses System kann seiner Funktion nur dann gerecht werden, wenn es die Eigenschaft einer relativen Stabilität gegenüber Veränderungen besitzt. Jede Veränderung der äußeren oder der inneren Beziehungen muß notwendigerweise der Funktion des Systems als beziehungsgetreue Repräsentation eines Teiles der Wirklichkeit schaden. Folglich führt die erste Annahme des Präformisten, daß eine homomorphe bzw. isomorphe Repräsentation des gesamten Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus in Form struktureller Organisation der Makromoleküle in der Keimzelle gespeichert ist, mit Notwendigkeit zu einer zweiten Annahme, und zwar der, daß auch die entsprechenden Vorrichtungen, Steuer- und Regelmechanismen, vorhanden sind, die den Informationsgehalt vor degradierenden Einwirkungen bewahren.

Diese Betrachtung scheint mir wichtig zur Lösung des offensichtlichen Widerspruchs zwischen dem biologisch festgestellten Prinzip der Epigenese und der präformistischen Hypothese, bei der angenommen wird, daß der gesamte Informationsgehalt des erwachsenen Organismus von Anbeginn vollständig in der DNS codiert sei. *Es zeigt sich hier, daß letzteres nicht nur den Prinzipien der Biologie, sondern auch der Physik und Chemie widerspricht.* Denn es gilt, in diesem Zusammenhang auch die Naturvorgänge zu beachten, die darauf gerichtet sind, Strukturen zu zerstören.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Welche Möglichkeiten gibt es überhaupt, der Strukturzerstörung entgegenzuwirken? Eine Möglichkeit haben wir schon besprochen – die mechanische und chemische Stabilität des Speichermaterials –, und doch bliebe bei dieser Annahme die Stabilität ein Wunder, wie SCHRÖDINGER selbst deutlich machte. Eine andere Möglichkeit, strukturzerstörenden Prozessen entgegenzuwirken, zeigt uns die Kybernetik. Es müßten Steuer- und Regelmechanismen in das DNS-Molekül eingeführt werden. Bei der Erörterung dieser Frage kommen wir zu einem tieferen Verständnis dessen, was überhaupt unter Steuern und Regeln, den beiden Grundbegriffen der Regelungs- bzw. Automatisierungstechnik, zu verstehen ist. Diese Begriffe haben einen hohen Grad an Allgemeingültigkeit und sind daher auch kybernetische Begriffe. Das Wesen einer Steuerung oder Regelung, ihr eigentlicher Sinn, besteht darin, der Strukturerhaltung zu dienen. Die Naturvorgänge der Diffusion und der Wärmeleitung sind Prozesse, die einseitig darauf gerichtet sind, Strukturen zu zerstören. Die Diffusion ist bestrebt, eine Gleichverteilung aller Massen herbeizuführen, während die Wärmeleitung die Energieunterschiede auszugleichen sucht. (Ihr Erfolg ist meßbar durch die Entropie des Systems).

*Steuern und Regeln sind Mittel, um dem Strukturzerfall entgegenzuwirken*. [53]

Es wäre also dann vom Präformisten anzunehmen, daß all die Steuer- und Regulationsmechanismen, die im erwachsenen Organismus den Informationsgehalt konstant halten, seine Struktur vor zerstörenden Einflüssen bewahren, auch schon hier im DNS-Makromolekül wirksam wären. ELSASSER (**31**, S. 126) hält es nun für ausgeschlossen, daß solche Mechanismen in einer Größenordnung von wenigen Ångström noch tatsächlich funktionieren könnten.
Entscheidend für die Stabilität der Information ist die innere Dynamik des lebenden Systems. So schreibt auch K. S. TRINTSCHER: „Wie in der vorliegenden Arbeit dargelegt wurde, häuft der Organismus während der Adaptation und Evolution Informationen an und speichert die angehäuften Informationen in seinen wasserfreien Strukturen. Auf die Stabilität der Information im Organismus wies ELSASSER (1958) hin und unterstrich, daß die Gesetze, die die Stabilität der Information im Organismus regeln, seine innere Dynamik widerspiegeln und nur in geringem Maße von den aus dem äußeren Medium in den Organismus eintretenden Informationen abhängen.“ (**168b**, S. 104.)
Hier sind wir an einem Punkt, wo wir zu widersprüchlichen Annahmen kommen in bezug auf das Lebensgeschehen, wenn man allein im Begriffssystem der Automatisierungstechnik bleibt.

Unter Berücksichtigung der spezifischen inneren Dynamik des Lebenden kommen wir zu folgender entscheidenden These:

*Die aus der Zelle isolierte DNS bleibt stabil nach dem mechanischen Prinzip der korpuskularen Geringstveränderlichkeit, die DNS in der lebenden Zelle jedoch nicht nur nach diesem Prinzip, sondern in der Hauptsache auf Grund der Regulation der Autoreduplikation, des Stückaustausches und der Reparaturen schadhafter Stellen. Dies geschieht jeweils mittels bestimmter Enzyme, die ihrerseits* (*in einem Regulationskreis*) *von der DNS codiert werden. Es ist also eine dynamische Stabilität auf der Basis einer doppelt gesicherten stereochemischen Reaktion. Es handelt sich demnach um eine Höchstveränderlichkeit, die in sich stabil ist.*

Eine Veränderung in der Sekundärstruktur des DNS-Moleküls, die auf die Strukturerhaltung einen negativen Einfluß ausübt, ist das Auftreten von Einzelstrangunterbrechungen. Einzelstrangbrüche entstehen unter der Wirkung einer Vielzahl von Agenzien, wie Strahlen, toxischen Medikamenten, niedrigem *p*H-Wert, ja auch bei sehr schonender Extraktion. Eine Einzelstrangunterbrechung braucht keine letale Wirkung zu haben. Solche Brüche bilden u. a. wahrscheinlich die Grundlage zum Zustandekommen der genetischen Rekombination. Der Bruch einer einzelnen Phosphatbindung oder auch mehrerer voneinander entfernter hat nur geringe Auswirkungen auf den nativen Zustand des Moleküls. Wahrscheinlich existiert ein enzymatischer Mechanismus, durch den solche Zerstörungen repariert werden können (FREIFELDER und DAVIDSON, **381**).

Genetische Konstanz und Variabilität sind eine Grundlage der Existenz und Evolution lebender Systeme. Mutationen gehören zum Wesen des Lebensprozesses und sind nicht aus-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

schließlich Konsequenz äußerer Faktoren. Die Strukturen der DNS-Polymerasen regulieren den Grad der Genauigkeit der Replikation und damit die Häufigkeit des Auftretens spontaner Muta-[54]tionen. Spezifische Reparatursysteme können Schädigungen am genetischen Material in einem hohen Ausmaß beheben. Auf diese Weise erreichen die Organismen ein Optimum zwischen Konstanz und Variabilität als günstigste Voraussetzung für die Evolution.

*Offenbar sind die biochemische Stabilität und Instabilität, die zur ständigen Auflösung und Wiederherstellung des DNS-Makromoleküls bei gleichzeitigem Erhalt* (*Vorbeugung gegen Informationsverlust*) *und gleichzeitiger Veränderung der Erbinformation* (*Mutation, Rekombination*) *führen, eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung der Lebewesen vom Beginn bis zum heutigen Tage*. Die Existenz solcher Mechanismen, durch die die zerstörte Struktur wiederhergestellt werden kann, wäre im Zusammenhang mit der hier diskutierten Problematik, der Erhaltung der Nutzinformation über längere Zeit, von außerordentlicher Bedeutung. Es ist jedoch dazu notwendig, nicht nur die DNS als Träger der Erbinformation zu betrachten und die Verwirklichung dieser Information als eine Steuerung, als eine lineare einseitig kausale Beziehung zwischen Erbanlagen und Eiweißbildung, sondern es ist die Dynamik der gesamten Zelle zu berücksichtigen mit all den noch zu besprechenden Regulationsmechanismen und im besonderen die Wechselbeziehungen zwischen Eiweißen und Nukleinsäuren. Das Wesen dieser Wechselbeziehungen besteht darin, daß die Eiweiße das variable und dynamische Element darstellen und die Nukleinsäuren das konstante, konservative Element. Die Zelle ist nicht nur ein „leerer Sack“, in dem sich Erbanlagen befinden, sondern die gesamte Dynamik, die widersprüchlichen Beziehungen zwischen Protein und Ribonukleinsäure (RNS) und DNS sowie zwischen DNS-Strukturen selbst sind zu berücksichtigen, und in dem Maße werden wir auch dem Verständnis der Stabilität von im Organismus gespeicherter Information näherkommen, wobei keiner der beiden Aspekte Konstanz und Dynamik bei den verschiedenen Elementen dieses widerspruchsvollen Systems verabsolutiert werden darf. Bei ELSASSER (**31**, S. 122 ff.) finden wir eine Überbetonung des variablen und dynamischen Elements in seiner Bedeutung für das Lebende. Da für ihn das Lebende, entsprechend dem von uns noch zu analysierenden Komplementaritätsprinzip, einerseits Mechanismus bzw. Automatismus und andererseits „reines“ Lebensgeschehen ist, ist das „eigentlich Lebende“, das, was über den „Uhrenmechanismus“ hinausgeht, das dynamische und variable Element. Es wird die Grenze der Annahme absolut statischer, erstarrter Strukturen im Organismus erkannt, und dem werden die variablen dynamischen Elemente gegenübergestellt. Seine Auffassung verharrt aber in der Gegenüberstellung. Er sieht das Wesen des Lebens, im diametralen Gegensatz zu SCHRÖDINGER, in dem von ihm formulierten *Prinzip der nicht-mechanischen Speicherung der Information im Lebenden*.

Das Prinzip der nicht-mechanischen Speicherung der Information weist darauf hin, daß durch den alle Strukturen des Organismus erfassenden Stoffwechsel es im Lebenden keine absolut starren, statischen Strukturen geben kann; die Grundkonstruktion einer Maschine ist dagegen statisch, darin liegt ein grundsätzlicher Unterschied zum Organismus begründet. Die [55] Dialektik im Lebensgeschehen besteht dagegen gerade darin, daß hier äußerste Stabilität mit äußerster Labilität vereint ist. *Das Lebensgeschehen ist, wie gesagt, eine Höchstveränderlichkeit, die in sich stabil ist*.

Technischer Automat und lebender Organismus unterscheiden sich offensichtlich in den Prinzipien der Erhaltung ihrer Existenz. In diesem Sinne hebt OPARIN hervor: „... die Existenz von Organismen über eine kürzere oder längere Zeitdauer“ ist „nur durch die ständig ablaufenden und das gesamte Lebewesen umfassenden chemischen Reaktionen möglich, deren Stillstand zum Aufhören der Lebensprozesse, zum Tod des Organismus führt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Im Gegensatz dazu ist die Grundkonstruktion einer Maschine statisch. Während der Arbeit der Maschine ist nur das energetische Material, der Brennstoff, chemischen Umwandlungen unterworfen, während die eigentliche Konstruktion materiell unverändert bleibt, wobei es gleichgültig ist, ob die Maschine aus Metall oder organischem Glas hergestellt ist. Und, je weniger Veränderungen die Konstruktion unterworfen ist, wie z. B. der Korrosion, um so langlebiger wird die Maschine selbst sein.

So ist also das eigentliche Prinzip der Beständigkeit, der Fähigkeit zur längeren Existenz bei Maschinen und Organismen völlig verschieden. Deshalb besitzen die aufgezählten Grundzüge der Verwandtschaft dieser beiden Systeme meist nur einen sehr allgemeinen Charakter und erweisen sich bei eingehender Analyse als rein formal.“ (**117**, S. 19 bis 20.)

Auf der anderen Seite ist es m. E. nicht richtig, die Analogie zum technischen System als rein formal anzusehen. Wir erhalten durch die Analogie sicher auch Einblicke in das Wesen des Lebensgeschehens. Aus dieser Haltung heraus wie auch aus der Anerkennung dessen, daß die Konsequenz der angeführten Überlegungen darin besteht, daß das lebende System bis in die kleinsten Bereiche hinein anderen Konstruktionsprinzipien als die nichtlebende Materie folgt, werden wir zur Annahme einer Art Korrespondenzprinzip geführt, worüber noch zu sprechen sein wird (vgl. S. 86 ff.).

Die Erhaltung der Information beruht im lebenden System wahrscheinlich nicht allein auf dem Prinzip korpuskularer Unveränderlichkeit, sondern hat das „Lebendigsein“ zur Voraussetzung, d. h. die Beständigkeit liegt hier nicht in der Ruhe, sondern in der ständigen Bewegung der den ganzen Organismus erfassenden chemischen Reaktionen. Die Strukturen entstehen und erhalten sich in der Dynamik des Stoffwechsels, der wiederum durch sie bedingt ist – die Struktur ist selbst Prozeß.

Beim Lebenden können wir nicht, wollen wir es verstehen, vom Prozeß abstrahieren. Gehen wir aus vom Prinzip der korpuskularen Geringstveränderlichkeit, so setzt dies den mechanisch-materialistischen Materiebegriff voraus. Dies führt zwangsläufig zu einer präformistischen Konzeption, denn dann ist alles prädeterminiert, und es kann nichts Neues geschehen. Von hier aus läßt sich auch die Entwicklung nicht erklären.

[56] Die Problematik läßt sich dagegen auf dem Boden des *dialektisch-materialistischen Materiebegriffs* klären, der davon ausgeht, daß die Materie widersprüchlich ist und diese der Materie immanente Widersprüchlichkeit die Quelle ständiger Bewegung, Veränderung und Entwicklung ist.

### 1.4. Organisation und Wesen des Lebens

Materie existiert grundsätzlich bewegt und strukturiert. Diese Aussage wurde in ihrem spezifisch biologischen Bezug im Zusammenhang mit der Konstanz und Variabilität des Stoffwechselgeschehens betrachtet. Organisation liegt vor, wenn noch ein drittes Moment hinzukommt: *ein zweckmäßiges Funktionieren, ein zielgerichtetes Zusammenwirken der Glieder des Systems.* Ein Felsen z. B. hat wohl eine Struktur, man spricht aber kaum von seiner Organisation. In verschiedenen Bereichen der objektiven Realität begegnet uns jedoch das Phänomen der Organisation. Man spricht von gesellschaftlichen Organisationen, von der Betriebsorganisation, von der Organisation lebender und technischer Systeme. Eng verbunden mit der Entwicklung der Kybernetik sind Gedanken, die zu einer allgemeinen System- und Organisationstheorie führen. Gegenwärtig wird intensiv daran gearbeitet. Erste Versuche zur Ausarbeitung einer allgemeinen Theorie der Organisation gehen zurück auf die Arbeiten des Biologen LUDWIG VON BERTALANFFY. Er hob hervor: „Begriffe wie die der Organisation, der Ganzheit, der Gerichtetheit und der Teleologie des Geschehens, der Differenziertheit und viele andere sind der konventionellen Physik fremd. Überall aber treten sie in der biologischen, der Verhaltens- und

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Sozialwissenschaft auf und sind unentbehrlich, wenn wir uns mit lebenden Organismen oder sozialen Gruppen beschäftigen. Daher ist ein oder vielleicht das grundsätzliche Problem in der modernen Wissenschaft eine allgemeine Theorie der Organisation.“ (**15**, S. 9.)

Zur Kategorie der Organisation gehören also Begriffe wie: System, Struktur, Ganzes, Teil, Beziehungen zwischen den Teilen, aber auch Funktion, Leistung (für etwas), Koordination, Regulation und auch Regelung[1], Regeneration, Anpassung u. a. Es sind also spezielle Ordnungs- bzw. System- und Organisationsbegriffe zu berücksichtigen. Von ihnen werden die Vorgänge hinsichtlich ihrer Leistungsdienlichkeit, also bezüglich ihres biologischen Zwecks beschrieben. Die Hervorhebung der Bedeutung von Ordnungsbegriffen stellt keinen Rückfall in den Vitalismus dar, sondern kennzeichnet einen notwendigen Entwicklungsschritt in den modernen Wissenschaften.

Die Erforschung der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Organisation von lebenden Systemen ist insbesondere das Arbeitsgebiet der „biologischen Regelkunde“ bzw. der Biokybernetik. Die Forderung nach einer solchen [57] Forschungsrichtung und Betrachtungsweise wurde von HESS wie folgt formuliert: „In logischer Weiterentwicklung wird nun die Organisation der Regulationen zum Gegenstand der Untersuchung gemacht und der Weg betreten, welcher von den Einzelerfahrungen zum Begreifen organischer Ordnung führt, deren Klarstellung eine zwar oft unbeachtete Aufgabe ist, die in Tat und Wahrheit aber erst zur Vollendung physiologischer Forschung führt.“ (Vgl. WAGNER, **175**, S. 2.) Die Bedeutung von Ordnung und Organisation des Lebendigen bleibt oft unbeachtet, da noch ungenügende Kenntnis vom Wesen des Lebens (dem Problem, das sehr eng verknüpft ist mit der Frage nach dem Charakter biologischer Gesetze) besteht. Ist das Wesentliche des Lebens der Stoff, aus dem der Organismus besteht, oder ist es der außerordentlich hohe Grad an Ordnung und Organisiertheit?

Meines Erachtens muß es bei der Erklärung des Wesens des Lebens um beides gehen, sowohl um die Ordnung, die hohe Organisation, und um das Substrat, die stoffliche Zusammensetzung. Denn Voraussetzung für die außerordentlich hohe Koordination, die feine Abgestimmtheit der sich vollziehenden chemischen Reaktionen, ist ein entsprechend hochentwickeltes Substrat. Nur auf der Grundlage hochspezifischer molekularer Strukturen können die komplizierten Stoffwechselprozesse und ihre Regulation stattfinden (vgl. BERNHARDT, **12**, S. 463).

Die Verabsolutierung der einen oder anderen Seite ist in der gegenwärtigen Literatur weit verbreitet. So vertritt AFANASJEW (**2**) die Auffassung, letztlich ginge es nicht um die Ordnung, sondern um das materielle Substrat, um die Komponenten des lebenden Ganzen. Er wirft VON BERTALANFFY vor, er hätte die Ordnung der Lebewesen verabsolutiert und nicht gezeigt, was eigentlich geordnet ist.

TRAPESNIKOW dagegen hebt hervor: „Die Steuerung existiert nicht vor dem Erscheinen des Lebens, sie entstand mit ihm. Diese Eigenschaft dürfte für den lebenden Organismus charakteristischer sein als das Vorhandensein von Stoffwechsel mit der Umwelt, der auch in der unbelebten Natur zu beobachten ist, oder als der Stoff, aus dem der lebende Organismus aufgebaut ist.“ (**168**, S. 529.)

Die Verabsolutierung des Substrats und das Außerachtlassen der Organisation und der Dynamik der gesamten Zelle führen in ihrer Konsequenz leicht zu der Annahme, auch die Viren als lebend anzusehen (RYSHKOW, **141**, S. 533). Von hier aus ist es dann nur noch ein Schritt zu der Auffassung, daß es eine eiweißlose Form des Lebens gibt (SHDANOW, **157**, S. 534).

In der Tat zeigt die moderne Forschung, daß die Infektion der Zellen allein durch die Nukleinsäure des Virus erfolgt.

[1] Man muß sich stets klarmachen, daß der Begriff der Regulation umfassender ist als der der Regelung im Sinne der Regelungstechnik, vgl. auch S. 258 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Nukleinsäuren sind (auf Grund ihres Aufbaus) Träger der Erbinformation (und ermöglichen die Reproduktion der Zelle). Sie bewirken die Synthese bestimmter Enzyme, d. h. katalytisch wirksamer Eiweiße. Erst mit diesen Enzymen kommt es zur Vermehrung der Nukleinsäuren, wobei die benötigten Bausteine aus dem Zellstoffwechsel kommen. Es liegt also ein dialekti-[58]sches Zusammenwirken von Eiweiß und Nukleinsäuren vor; das eine vermag nicht ohne das andere gebildet zu werden.

ENGELS (**34**, S. 97) hat das Leben als „die Daseinsweise der Eiweißkörper“ definiert. Wie er hervorhebt, besteht diese Daseinsweise „wesentlich in der beständigen Selbsterneuerung der chemischen Bestandteile dieser Körper“. Die Betonung liegt offensichtlich auf dem Begriff *beständiger Selbsterneuerung*. Hierin liegt schon die Erkenntnis der dialektischen Einheit von Beständigkeit (Steuerung) und Erneuerung (d. h. Entwicklung), der dialektischen Einheit von Konstanz und Dynamik. Das Wesen des Lebens ist somit aufzudecken durch die Untersuchung der sich in bzw. an den Eiweißkörpern und Nukleinsäuren vollziehenden Prozesse und ihrer Wechselbeziehungen. ENGELS hat bei seiner berühmten Definition in keinem Fall die Eiweiße in ihrer Isolierung im Auge, sondern „das komplexe System der Zelle, das später Protoplasma genannt wurde“ (RAPOPORT, **133**, S. 5). Denjenigen, die auf einer einseitigen Auslegung bestehen, sei in diesem Zusammenhang eine weitere Bemerkung von ENGELS entgegengehalten: „Gelingt es der Chemie, dies Eiweiß in der Bestimmtheit darzustellen, in der es offenbar entstanden, ein sogenanntes Protoplasma, der Bestimmtheit, oder vielmehr Unbestimmtheit, worin es alle anderen Formen des Eiweißes potentiell in sich enthält ..., so ist der dialektische Übergang auch real dargetan, also vollständig.“ (**35**, S. 273.)

Die andere extreme Auffassung, die Verabsolutierung der Ordnung bzw. Organisation (Regelung und Steuerung) gegenüber dem Substrat kann zu der Auffassung führen, in der Regelung z. B. ein Urprinzip zu sehen. Diese Tendenz finden wir z. B. bei WAGNER. Er schreibt: „So kommt man zu der Auffassung, wo der erste Regelmechanismus war, war das erste Leben.“ (**175**, S. 217.) In der Tat kann niemand leugnen, daß Regelsysteme nur in Lebewesen oder in Produkten von Lebewesen vorkommen (VON HOLST, **56**, S. 31). Auf Grund des Mangels an Funktionsstrukturen im anorganischen Bereich ist es außerordentlich unwahrscheinlich, daß hier so komplizierte Gebilde wie Regler anzutreffen sind, die statt einer ungeordneten Wechselwirkung eine bestimmte Lenkung der Energien gestatten. Es wird nun versucht, die Steuerung bzw. die Regelung als die charakteristischste Eigenschaft des Lebens, als die die Qualität „Leben“ bestimmende, darzustellen, weil ein Stoffwechsel mit der Umwelt auch in der unbelebten Natur zu beobachten sei.

Bereits LEONARDO DA VINCI hat den Stoffwechsel durch den schönen Vergleich des lebenden Organismus mit einer brennenden Kerze gekennzeichnet. Analog dem Geschehen im Organismus vollziehen sich auch in einer Flamme Umsetzungen und Ausscheidungen von Stoffen. Alles, was sich „ernährt“, geht ständig zugrunde und entsteht aufs neue.

Diese Stoffwechselvorgänge in der unbelebten Natur sind aber von qualitativ anderer Art als die Stoffwechselprozesse des Organismus mit seiner Umwelt. Die Aufgabe, den qualitativen Sprung nachzuweisen, bleibt somit bestehen. Im übrigen gilt das gleiche für die Regelung. Auch das Prinzip der Regulation ist der anorganischen Welt nicht absolut fremd.

[59] In chemischer Hinsicht spielt insbesondere das Massenwirkungsgesetz die Rolle eines Regulators. Oder nehmen wir das von KLAUS herangezogene Beispiel, wie die Fixsterne mit Hilfe des Bethe-Weizsäckerschen Reaktionszyklus ihren Energiehaushalt aufrechterhalten (**77**, S. 190).[1] Für jede isoliert betrachtete Eigenschaft des Lebens wird man entsprechende Vorgänge in der unbelebten Natur finden können, wie Kristallwachstum u. a.

[1] Bei den erstgenannten Beispielen handelt es sich nicht um Rückkopplungssysteme im Sinne der Regelungstechnik, sondern um elementare Systeme mit Selbstregelung.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Steuerung und Regelung existiert nicht vor dem Leben, sondern entsteht mit ihm. Das entwertet jedoch nicht den biologischen Stoffwechsel. Gerade durch eine für das Lebende spezifische Steuerung und Regelung wird ein Stoffwechsel ermöglicht, der mit dem anorganischen Geschehen kaum mehr als den Namen gemeinsam hat.
Die Zweckmäßigkeit im Bau und Geschehen ist keine alleinige Eigenschaft des Organischen. Eine weitgehende Abgestimmtheit der Funktionen aufeinander steht nicht im Gegensatz zu den Gesetzen der unbelebten Natur, doch erreicht die Koordination in Lebewesen eine Vollkommenheit, wie sie im anorganischen Bereich auf keinen Fall erreicht werden kann (hier ist nicht die Rede von der Technik als Arbeitsprodukt des Menschen).
Betrachtet man bestimmte Vorgänge im Anorganischen als Stoffwechselvorgänge, so müßte man logischerweise auch die hier aufgezeigten Vorgänge als Regelungsvorgänge anerkennen. Erkennt man aber solche Vorgänge nicht als Regelungsvorgänge an, so liegt auch kein Grund vor, Stoffwechselprozesse im biologischen Sinne im Anorganischen zu sehen, und auch in diesem Falle könnte die Argumentation also nicht mehr aufrechterhalten werden.

*Das Wesen des Lebens ist nicht in einer einzigen ausgezeichneten Eigenschaft zu erkennen, nicht entweder in seiner Ordnung oder im Substrat. Das Wesen des Lebens, seine gesetzmäßigen Zusammenhänge, sind bestimmt durch die hohe Koordination der im komplexen System der Zelle und zwischen den Zellen ablaufenden Prozesse, die ein hochorganisiertes und spezialisiertes Substrat zur Grundlage haben.*

So ist es offensichtlich *nicht sinnvoll, einzelne Moleküle als „Träger des Lebens" auszuzeichnen*. Da wir die Zelle als System und die Moleküle als Glieder des Systems verstehen, ist das wechselseitige aufeinander abgestimmte Zusammenwirken der Strukturelemente – die Organisation des Systems – von großer Bedeutung. Es interessieren die Moleküle und die sich aus ihren Wechselbeziehungen ergebenden Qualitäten.

Daß zum Verständnis komplexer Systeme die Analyse der stofflichen und energetischen Zusammenhänge allein nicht ausreichend ist, sondern außerdem die Informationsrelationen zu berücksichtigen sind, ist eine der entscheidenden Erkenntnisse der Kybernetik. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die lebende Zelle neu zu verstehen. Informations- bzw. Regulationsbeziehungen auf der Basis einer morphologischen und biochemischen Struktur und Funktion sind die Grundlagen der Lebensvorgänge.

*Die enzymatische Regulation ist mit der Feinstruktur der Zelle verbunden, die wiederum durch sie erhalten wird. In dieser besonderen Verbindung von* [60] *Struktur und Funktion unterscheiden sich lebende Systeme von noch so komplizierten Automaten*.

Dieser Unterschied zwischen lebendem und technischem System in bezug auf die besondere Verbindung zwischen Struktur und Funktion zeigt sich am deutlichsten in der Tatsache, daß die Struktur eines technischen Automaten auch dann längere Zeit erhalten bleibt, wenn er nicht arbeitet, während der lebende Organismus ständig in Funktion sein muß, soll seine Struktur erhalten bleiben[1]. Die Erhaltung der Struktur im funktionierenden Organismus ist wahrscheinlich mit irgendwelchen Antifluktuationsprozessen verbunden. Durch die biomolekularen Rückkopplungssysteme wird die Struktur des lebenden Systems nicht nur erhalten, sondern darüber hinaus ist das lebende System mit Hilfe selbsterzeugter chemischer Signale, den biokatalytischen Eiweißen, in der Lage, seine statistischen Eigenschaften so zu verändern, daß sich die Entropie des Systems verringert und die Organisation erhöht. Wir haben eine zunehmende Ordnung der Struktur des lebenden Systems im Verlaufe der biologischen Entwicklung zu verzeichnen. Die Information des lebenden Systems nimmt zu, die Elemente, aus denen das System besteht, streben nicht der wahrscheinlichsten Verteilung zu, sondern einer solchen Verteilung, die einem geordneteren Zustand des lebenden Systems entspricht. Die Gesetze der Physik und der Kybernetik unterwerfen ein solches System bestimmten Ein-

[1] Es sei denn, es gelingt, bei einfachen Organismen einen Zustand der korpuskularen Geringstveränderlichkeit zu erreichen, wie z. B. bei lyophilisierten (gefriergetrockneten) Bakterien.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

schränkungen. Entsprechend den Aussagen des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik kann in diesem System keine Energie entstehen oder vernichtet werden. Gemäß den Aussagen des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik muß ein solches System energetisch offen sein. Ein Entropieabbau im Inneren des Systems muß durch eine Zerstreuung der Energie, einen Entropieaufbau in der Umwelt des Systems, kompensiert werden.

Aus kybernetischer Sicht muß in einem solchen System die Regulation mittels Signalübermittlung erfolgen. Das System muß weiterhin über eine solche Organisation verfügen, daß es aus einer Menge zufälliger Signalkombinationen selbst diejenigen auswählen kann, deren Wirkung einem bestimmten Kriterium genügen. Das Wachsen der Information im System muß *auf Kosten* äußerer und möglicherweise (was zu zeigen ist) auch innerer *Informationspotentiale* vor sich gehen.

Die biologische Evolution muß verstanden werden als ein Prozeß der Selbstorganisation, der die Existenz des Zufalls zur Voraussetzung hat. Der Zufall muß objektiv sein, da sonst doch alles schon immer präformiert war.

Lebewesen sind also 1. offene, 2. sich selbst regelnde, 3. sich selbst reproduzierende und 4. sich selbst organisierende Systeme.

Offene Systeme sind solche, die mit ihrer Umwelt Stoff und Energie austauschen. Die Selbstregelung hat ihre Grundlage in der Vielzahl der Regula-[61]tionsmechanismen, welche die spezifische Struktur der lebenden Systeme bis hin zum molekularen Niveau sichern. Die Selbstreproduktion hat ihre Grundlage in der Selbstverdopplung der biologischen Makromoleküle, der DNS, als Voraussetzung für Wachstum und Vermehrung.

Die Selbstorganisation zeigt sich in der präbiotischen Evolution, in der Phylogenese und in der Ontogenese jeweils in unterschiedlicher Weise (vgl. S. 334 f.).

Wir kommen zu folgender entscheidenden These: *Die Qualität Leben liegt in der spezifischen Ordnung und Organisation des physikalisch-chemischen Geschehens durch Steuerung* (*DNS-RNS-Protein*) *und enzymatische Regulation des Stoff- und Energiewechsels, in der Verbundenheit von Steuerung und Regulation mit der molekularen Struktur der Zelle und der Erhaltung der Struktur durch Steuerung und Regulation, in der durch diese besondere Verbindung von Struktur und Funktion gegebenen Möglichkeit für Prozesse der Entstehung von Informationen, der Selbstorganisation in Phylo- und Ontogenese*. Also:

1. Ordnung und Organisation des physikalisch-chemischen Geschehens durch Steuerung und Regulation,

2. Verbundenheit der Steuerung und Regulation mit der molekularen Struktur der Zelle,

3. Erhaltung dieser Struktur durch Steuerung und Regulation,

4. Prozesse der Vermehrung und Bereicherung der Information.

Die Untersuchung dieser Momente im Lebensgeschehen wird uns ein gutes Stück weiter auf dem Weg zur Aufklärung des Wesens lebender Systeme führen.

Die Entwicklung der Molekularbiologie, speziell die Arbeiten von M. EIGEN zur Selbstorganisation der Materie und der Evolution der Makromoleküle bestätigen m. E. die mit dieser These gegebene Orientierung.

Damit haben wir entscheidende Wesensmerkmale des Lebenden deutlich werden lassen, die im einzelnen erst im II. Teil besprochen werden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 1.5. Die Dialektik von Struktur und Funktion

Die großen Fortschritte der Biologie in den letzten Jahrzehnten basieren auf der immer exakteren Zuordnung von biologischen Strukturen zu den von ihnen verursachten oder ermöglichten biologischen Prozessen. Es gelang der Biochemie und Molekularbiologie, alle wesentlichen Lebensäußerungen und Lebenserscheinungen auf zwei Grundtypen von Makromolekülen, die Nukleinsäuren und Eiweiße, und auf die zwischen ihnen selbst und zwischen ihnen und dem System als Ganzem, unter Einschluß der Umwelt, herrschenden Wechselwirkungen zurückzuführen. Die Wechselbeziehungen sind chemischer und physikalischer Natur. Während sie in ihrer Gesamtorganisation [62] die Spezifik des Lebens hervorbringen, sind die einzelnen Wechselwirkungen sämtlich einer genauen qualitativen und quantitativen physikalisch-chemischen Analyse sowie der mathematischen Modellierung zugänglich und werden damit zunehmend durch den Menschen beherrschbar.

Von F. ENGELS wurde der außerordentlich enge Zusammenhang von Physik, Chemie und Biologie, auf dem die Erfolge der modernen Biologie beruhen, wie folgt reflektiert: „Die Physiologie ist allerdings die Physik und besonders die Chemie des lebenden Körpers, aber damit hört sie auch auf, speziell Chemie zu sein, beschränkt einerseits ihren Umkreis, aber erhebt sich auch darin zu einer höheren Potenz.“ (**103b**, S. 520.)

Heute ist klar, daß alle Eigenschaften einer Zelle oder eines Gesamtorganismus auf der Aktivität der Eiweißmoleküle beruhen, eine Tatsache, die von ENGELS auf der Grundlage seines tiefen Verständnisses der Biologie seiner Zeit genial vorausgesehen worden war. Die besondere Bedeutung der Eiweiße liegt in ihren katalytischen (Stoffwechselreaktionen beschleunigenden) und strukturgebenden Eigenschaften. Die Funktionsfähigkeit des Eiweißmoleküls wird, wie wir bereits auf S. 37 deutlich machten, wesentlich durch die Reihenfolge der Bausteine und ihre Verknüpfung zum hochpolymeren Molekül bedingt. Damit ist eine Trennung zwischen Struktur und Funktion auf der Ebene solcher Makromoleküle nicht mehr zulässig. Die Struktur läßt sich hier von der Funktion nicht mehr trennen, der Gegensatz von Struktur und Funktion ist entsprechend den Erkenntnissen der Molekularbiologie auf der Ebene der Elementarprozesse aufgehoben, die Struktur ist selbst Funktion, Aktivität, Prozeß. Man kann jedoch auch auf dieser Ebene keine *absolute* Gleichsetzung vornehmen, da hinsichtlich der Entstehung dieser Moleküle die Struktur das Primat hat und sich die Funktion ergibt.

Da Eiweiße nicht aus sich selbst heraus entstehen, sondern vielmehr entsprechend einer genetischen Vorschrift oder chemischen Anweisung, die in den Nukleinsäuren enthalten ist, als Übersetzung und Verarbeitung dieser Information an bestimmten Zellorganellen erst entstehen, hat hier die durch andere Makromoleküle (DNS) vorgegebene Struktur gegenüber der Funktion das Primat. Rein äußerlich gesehen erscheint es daher verständlich, daß bestimmte Ergebnisse der Molekularbiologie auf philosophischer Ebene zur Unterstützung strukturalistischer Konzeptionen herangezogen werden.

Der Strukturalismus, eine gegenwärtig besonders in Frankreich aktivierte philosophische Strömung, geht aus vom Primat der Struktur, erkennt eine einfache Entfaltung verschiedener Strukturen in der Zeit an, aber im wesentlichen nur im Zusammenstoß mit äußeren Bedingungen. Im Gegensatz zur dialektischen Betrachtung der Struktur und Funktion in ihrer tiefen Einheit wird diese ignoriert und einseitig die Unveränderlichkeit, die Invarianz der Struktur hervorgehoben. Wie L. SÈVE deutlich macht, bringt J. MONOD „die strukturalistischen Ideen und Thesen“ in recht klarer Form zum Ausdruck. Nach SÈVE sind in Wirklichkeit „alle strukturalistischen Hauptideen gerade nicht der Wissenschaft, mit der sich J. MONOD befaßt, entnommen – [63] weder der Biochemie der Zelle noch der modernen Biologie schlechthin. Er hat sie von außen entlehnt, und zwar nicht nur den Arbeiten der Strukturalisten der 60er Jahre, sondern auch solchen Quellen wie der cartesianischen Philosophie“

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

(**156b**). Mit dieser Problematik wollen wir uns im II. Teil noch gründlicher auseinandersetzen (vgl. insbes. S. 279 ff. u. S. 288).

Der dialektische Materialismus erfaßt die Einheit von Struktur und Prozeß bzw. Funktion, indem er die Triebkraft aller Prozesse aufdeckt – den dialektischen Widerspruch. Dieser ist das Bindeglied zwischen Struktur und Prozeß, der relativen Unveränderlichkeit und der Gesetzmäßigkeit der Evolution.

Betrachten wir nun die andere außerordentlich interessante Gruppe von Makromolekülen, die Nukleinsäuren (DNS und RNS). Sie bestehen, wie auf S. 39 deutlich gemacht wurde, aus vielen Tausenden miteinander verknüpften Bausteinen, von denen es vier verschiedene Arten gibt. In der Reihenfolge dieser Bausteine ist die Vorschrift für die Reihenfolge der Verknüpfung der Aminosäuren bei der Eiweißsynthese verschlüsselt, so daß jeweils drei Nukleinsäurebausteine eine Aminosäure kennzeichnen (vgl. S. 246 und **91a**).

Die Funktion der Nukleinsäuren besteht also wesentlich darin, daß sie, unter Mitwirkung von Eiweißen, Informationen speichern, abgeben und in ein anderes System übertragen. Dies ist jedoch nur die eine Seite. Die andere Seite besteht darin, daß sie, wiederum unter maßgeblicher Beteiligung von Eiweißen, den Informationsgehalt, lies: ihre Bausteinsequenz, bei ihrer Selbstvermehrung auf die neu entstehenden Nukleinsäuremoleküle getreu übertragen, so daß alle durch diesen Replikationsprozeß entstehenden Nukleinsäuremoleküle den gleichen Informationsgehalt aufweisen. Dies ist genau das Verhalten, welches bei der Vererbung gefordert ist.

Die Struktur dieser Nukleinsäuremoleküle entspricht den genannten Funktionen in vollkommener Weise. Sequenzen von Bausteinen sind gleichzeitig Information für die Eiweißsynthese sowie für die eigene ständige Verdoppelung (bzw. Replikation). Diesen beiden Funktionen entspricht ein und dieselbe Struktur. Auch hier ist, wie bei den Eiweißen, eine metaphysische Trennung von Struktur und Funktion nicht mehr möglich. Da die Struktur der Nukleinsäuren durch nichts anderes als durch sie selbst vorgegeben ist, entfällt hier auch das Primat der Struktur, so daß die Einheit von Struktur und Funktion vollständig realisiert wird.

Während wir bisher die Einheit von Struktur und Funktion für jede der beiden Stoffklassen, Nukleinsäuren und Eiweiße, getrennt diskutiert haben, ergibt sich bei Betrachtung ihres Zusammenwirkens in lebenden Systemen eine gewisse Polarisierung. Hier kann man davon ausgehen, daß die Nukleinsäuren mit ihrem Informationsgehalt die Struktur der Eiweiße vorgeben, während diese selbst alle entscheidenden Funktionen (Stoffwechsel) des Lebens ausführen. Mit gewissen Einschränkungen ist es daher vielleicht berechtigt, die Nukleinsäuren als Struktur- und Invarianzprinzip, die Eiweiße als Funktions- und Teleonomieprinzip anzusehen (vgl. S. 278).

Für das Verständnis des Lebenden ist es nun eine wichtige Erkenntnis, daß in jedem auch noch so einfachen lebenden System die (Nukleinsäure-)Struk-[64]tur und die (Eiweiß-)Funktion durch vielfältige Rückkopplungen miteinander verknüpft sind und diese Verknüpfung schon in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung lebender Systeme aufgetreten sein muß. Diese Erkenntnis steht gegen ein Grundpostulat MONODs, wonach jede philosophische Betrachtung der Evolution unvermeidlich eine Annahme darüber voraussetze, „welcher der beiden für die Lebewesen charakteristischen Eigenschaften (Invarianz und Teleonomie) die ursächliche und zeitliche Priorität zukommt“ (**106a**, S. 35). Indem MONOD sich eindeutig für das Primat der Invarianz entscheidet, wobei er der Mehrzahl der großen philosophischen Systeme vorwirft, daß sie sich irrtümlicherweise von der entgegengesetzten Hypothese hätten leiten lassen, nach der „die Invarianz, die Ontogenese und die Evolution ... Äußerungen eines ursprünglichen teleonomischen Prinzips“ (**106a**, S. 37) seien, stellt er faktisch die Behauptung

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

eines Primats der Nukleinsäuren bei der Lebensentstehung auf. Ob Nukleinsäure oder Eiweiß zuerst vorhanden waren, ist die alte undialektische Frage nach dem Primat von Huhn oder Ei im neuen Gewand. Wir müssen aber im Gegensatz hierzu feststellen, daß erst das Miteinander-in-Beziehung-Treten von Proteinen und Nukleinsäuren den Ursprung des Lebens bedeutet hat, wozu beide vorhanden gewesen sein müssen, und daher die Frage, was zuerst da war, relativ bedeutungslos, ja sogar sinnlos ist. Sie wäre nur berechtigt, wenn die mechanistische Kausalität das einzige Ordnungsprinzip in einer sonst ungeordneten Welt darstellte. M. EIGEN (**30c**) vertritt m. E. zu Recht die Auffassung, daß sich für die Betrachtung der Zelle diese Frage aufhebt, weil Funktion nur in der durch die Information organisierten Struktur möglich ist, Information aber nur über die realisierte Funktion ihre Bedeutung erhält. Dieses System ist mit einem linearen Kreisprozeß vergleichbar, bei dem zwar vorausgesetzt werden muß, daß er irgendwann einmal ein nichtkreisförmiger mit einem Startpunkt war, daß aber nach Schließung dieses Kreises die Frage nach dem Startpunkt bedeutungslos geworden ist. Auch in dieser Komplexität bedingen Struktur und Funktion einander. [65]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# 2. Das Verhältnis von Physik und Biologie

## 2.1. Quantenphysik und biologisches Gesetz

Können die Phänomene des Lebens allein durch das Begriffssystem der Physik vollständig erklärt werden? Mit dieser an sich schon alten Frage nach dem Verhältnis der Biologie zur Physik wurde und wird die Molekularbiologie in ihrer Entwicklung ständig konfrontiert.

Bei der Diskussion dieses sehr umstrittenen Themas, der Frage, inwieweit die Biosphäre allein von physikalischen Gesetzen beherrscht wird oder nicht, muß im Sinne der materialistischen Naturwissenschaft davon ausgegangen werden, daß die allgemeinen Gesetze der Bewegung der Materie stets gelten. In diesem Sinne ordnet sich die lebende Materie den gleichen Gesetzen unter wie die nichtlebende Materie. Es gilt dann jedoch, die für das Lebende spezifischen Eigenschaften, den qualitativen Sprung aufzuklären und auch zu zeigen, wie schon auf der Ebene der atomaren, physikalisch-chemischen Bewegungsform der Materie die Voraussetzungen für den Übergang zur biologischen Bewegungsform der Materie, mit den für sie spezifischen Gesetzmäßigkeiten entstehen.

Ein Teilaspekt der Beziehungen zwischen Physik und Biologie ist die Frage nach dem Verhältnis des technischen Automaten zum Leben, des Roboters zum schöpferisch tätigen Menschen. Die Klärung dieses Verhältnisses wird in der wissenschaftlich-technischen Revolution zu einer zentralen Frage der Philosophie, Biologie, Psychologie, Soziologie und anderer Wissenschaften. Mißverständnisse wie ideologische Vorbehalte, aber auch der Stand der naturwissenschaftlichen Erkenntnis selbst haben ein präzises Verständnis des Verhältnisses von Physik und Biologie bisher noch immer schwierig gemacht. Es sind gegenwärtig immer noch mindestens vier Grundkonzeptionen zu unterscheiden: die Konzeptionen 1. des Vitalismus, 2. der verallgemeinerten Komplementarität, 3. des Reduktionalismus bzw. Physikalismus sowie 4. Versuche einer dialektischen und materialistischen Lösung des Problems.

Es sind unter anderem folgende Fragen, die in diesem Zusammenhang gestellt werden:

1. Gibt es irgendwelche Erscheinungen in den Lebensprozessen, die die Gültigkeit physikalischer Gesetze für den Bereich lebender Systeme widerlegen? [66]

2. Gibt es irgendwelche Erscheinungen in den Lebensprozessen, die die Annahme rechtfertigen, man brauche „eine neue Physik“ für das Verständnis der Lebensprozesse?

3. Rechtfertigt die bisherige Entwicklung der Molekularbiologie die Annahme, die Lebensprozesse ließen sich vollständig durch die uns bisher aus dem Umgang mit der nichtlebenden Natur bekannten Physik erklären?

4. Rechtfertigt die bisherige Entwicklung der Molekularbiologie die Annahme, daß zur Erklärung der Lebensprozesse Begriffe und Zusammenhänge zu berücksichtigen sind, die mit der bisherigen Physik bzw. aus der Untersuchung der unbelebten Natur nicht gegeben sind, die zwar keine „neue Physik“, aber etwas Neues im Rahmen der bekannten Physik darstellen oder nicht zur Physik zu rechnen sind?

Wenn z. B. die informationellen Beziehungen solche neuen Zusammenhänge sind, ergibt sich daraus die Frage nach der Beziehung von Physik und Kybernetik, speziell das Problem ihrer Einordnung in die Naturkräfte.

Die Frage nach dem Verhältnis von Molekularbiologie und Physik war im Prozeß der Entstehung der Molekularbiologie in gleichem Maße eine biologische wie philosophische.

„Um eine selbständige Wissenschaft zu werden“, schreibt FRANÇOIS JACOB, „mußte sich die Biologie vollständig von der Physik und Chemie lösen. Um die Analyse der Struktur der

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Lebewesen und ihrer Funktionen weiterzuverfolgen, wird sie jedoch Mitte des 20. Jahrhunderts gezwungen, sich eng mit diesen zu verbinden. Aus dieser Verbindung entsteht die Molekularbiologie.“ (**62b**, S. 263.)

Die Entwicklung der Molekularbiologie wurde und wird daher auch von einer Reihe führender Physiker reflektiert und zum Teil durch ihre Gedanken nachhaltig beeinflußt. Hier sind u. a. folgende Physiker zu nennen: NIELS BOHR, MAX DELBRÜCK, MANFRED EIGEN, WALTER ELSASSER, KLAUS FUCHS, ERWIN SCHRÖDINGER, CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER. Ihre Gedanken sollen im folgenden kurz charakterisiert werden.

#### 2.1.1. Die „neue“ Physik und die Fortschritte der modernen Biologie

NIELS BOHR entwickelte eine Reihe origineller Ideen zur Klärung unserer Problematik. Er diskutierte die Möglichkeit, bestimmte Prinzipien der Quantenphysik – insbesondere das Komplementaritätsprinzip – in der biologischen Theorie anzuwenden. Dabei kann man von der richtigen These ausgehen, daß im lebenden Organismus die quantenphysikalischen Gesetze in gleicher Weise gelten wie in anorganischen Systemen. Wenn also das Komplementaritätsprinzip für die Quantenphysik von wesentlicher Bedeutung ist, so muß es auch für die biologische Forschung von Bedeutung sein, soweit sie sich im mikrophysikalischen Bereich bewegt. Eine Kritik des Komple-[67]mentaritätsprinzips müßte sich hier logischerweise darauf beschränken, festzustellen, ob dieses Prinzip für die Quantenphysik wirklich wesentlich ist.

Nicht so einfach ist die Kritik, wenn die Komplementaritätskonzeption – wie z. B. durch die von JORDAN entwickelte „Verstärkertheorie“ (**65**, S. 86 ff.), die Vorstellung einer Verstärkung mikrophysikalischer Einzelereignisse im lebenden Organismus – direkt auf den biologischen Bereich übertragen wird. Mit Recht wird die damit verbundene Übertragung der Konzeption des Indeterminismus und positivistischer Gedankengänge von marxistischen Philosophen zurückgewiesen, obwohl die Vermutung einer derartigen Verstärkung selbst nicht von vornherein abgewiesen werden kann.

Sprechen wir von BOHRS Grundgedanken, so sei hervorgehoben, daß dieser, entgegen der Konzeption von JORDAN, keine direkte Übertragung, sondern eine mehr methodische Analogie im Auge hatte (VON WEIZSÄCKER, **181**, S. 348). Nach dieser Vorstellung wird das Komplementaritätsprinzip von seinem speziellen physikalischen Hintergrund gelöst und soll – verallgemeinert – zur Lösung einer ähnlichen erkenntnistheoretischen Situation wie seinerzeit in der Quantenphysik beim Welle-Korpuskel-Dualismus dienen. Eine methodisch vergleichbare Situation scheint in folgendem gegeben: Elementare Strukturen und einzelne Vorgänge am oder im lebenden System unterliegen der physikalisch-chemischen Bewegungsform der Materie. Aus der Sicht des toten Stoffes herrschen physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten. Aus der Sicht des ganzen lebenden Organismus, eines hochkomplexen Systems, eines bestimmten Regimes von Wechselwirkungen, herrschen biologische Gesetzmäßigkeiten. *Daher muß der lebende Organismus immer beiden Betrachtungsweisen unterworfen werden, wenn wir sein Wesen erkennen wollen*. Dies erinnert tatsächlich an eine ähnliche erkenntnistheoretische Situation in der Quantenphysik. Dort kann bekanntlich ein Elementarteilchen sowohl als Korpuskel als auch als Welle erfaßt werden. Man spricht vom sog. Welle-Korpuskel-Dualismus. Welle und Korpuskel sind einander widersprechende Begriffe. In der Starrheit der Begriffe gesehen, stehen auch Automat und Leben in einem wechselseitigen Ausschließungsverhältnis. Ein synthetischer Standpunkt setzt Automat und Leben in das dialektische Verhältnis von Einheit und Unterschied. Eine mögliche Form der Erfassung gegensätzlicher Verhaltensweisen ist das von BOHR aufgestellte „Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität“.

Grundgedanke des Prinzips der verallgemeinerten Komplementarität ist, daß die Aussage, der Organismus lebt, in einem ausschließenden Verhältnis stehe zu einer genügenden, vollständigen Kenntnis aller physikalisch-chemischen Bestimmungsstücke, d. h., daß wir im lebenden

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Organismus zwar die physikalisch-chemischen Gesetze nie verletzt finden werden, daß aber eine physikalische Untersuchung des lebenden Organismus, deren Ergebnisse es ermöglichen, das Verhalten des Systems vorauszuberechnen, den lebenden Organismus töten oder zumindest sein Verhalten stark verändern würde. Ganz analog der subjektivistischen These, daß die Unvollständigkeit der Kenntnis des Systems ein wesentlicher Bestandteil jeder Formulierung der [68] Quantentheorie sein muß (HEISENBERG, **49**, S. 29), wird hier die These formuliert, daß die Unvollständigkeit der Kenntnisse ein wesentlicher Bestandteil einer biologischen Theorie sein müßte (ELSASSER, **31**, S. 156). Dies verdeutlicht, daß in dem Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität von BOHR, ELSASSER u. a. die Dialektik nicht voll entfaltet ist. Die Lösung des Problems kann nicht in dem Verzicht auf vollständige physikalisch-chemische Erkenntnis bestehen, *sondern es geht um eine Änderung unserer Vorstellungen vom biologischen Vorgang*. Nicht einerseits „reine“ Physik und andererseits eine diese Erkenntnis ergänzende „reine“ Biologie, sondern Klärung, durch welche einschränkenden Bedingungen der physikalisch-chemischen Prozesse die Herausbildung materieller Systeme höherer Komplexität ermöglicht wird und sich damit qualitativ neue Entwicklungsmöglichkeit eröffnen.

Mittels des Komplementaritätsprinzips in der Biologie werden beide Auffassungen, die des Mechanismus wie die des Vitalismus, in ihren Fehlern und Grenzen erkannt, und es wird ihr jeweiliger rationeller Kern berücksichtigt. Jedoch werden sie einander nur gegenübergestellt; die rationellen Momente werden nicht wirklich dialektisch verbunden und in ihrer relativen Widersprüchlichkeit und dialektischen Einheit verstanden. Sie werden von der Komplementaritätskonzeption nur als zwei sich gegenseitig ausschließende und doch ergänzende Betrachtungsweisen angesehen, die auf Grund der beiden anhaftenden Unschärfe logisch widerspruchsfrei denkbar seien.

BOHR selbst hat seine Auffassungen gerade unter dem Eindruck der Erkenntnisse der Molekularbiologie verändert. In der Arbeit „Atomic Physic and Human Knowledge“ schrieb er über die Komplementarität „zwischen den in der Biologie praktisch angewendeten Erwägungen physikalisch-chemischen Charakters und den Begriffen, die direkt mit der Ganzheit des Organismus verbunden sind und über den Rahmen der Physik und Chemie hinausgehen“ (**17a**).

Wie WOLKENSTEIN hervorhebt, wird die Komplementarität hier nicht mehr auf einen postulierten Lebensbegriff begründet, sondern auf die außerordentliche Kompliziertheit des lebenden Organismus als einem einheitlichen Ganzen. Nun kann aber auch große Kompliziertheit nicht als eine prinzipielle Grenze für physikalisch-chemische Untersuchungen angesehen werden (**186b**).

Trotz seines agnostizistischen Charakters hat das Komplementaritätsprinzip bei der Entwicklung der Molekulargenetik eine große Rolle gespielt. Dies war möglich, da es eine Stufe in der sich allmählich herausbildenden Erkenntnis von der Einheit gegensätzlicher Seiten in den Erscheinungen der objektiven Realität bzw. der Lebensprozesse darstellt. Theoretisch stark unter dem Einfluß des Gedankens der verallgemeinerten Komplementarität, begann im Zusammenhang mit der inzwischen entdeckten Mutationsauslösung durch ionisierende Strahlen in den dreißiger Jahren die Diskussion über die Beschaffenheit des Gens, über Genmutationen und darauf folgend über die Natur der Reproduktion der Lebewesen. MAX DELBRÜCK, der entscheidend an dieser Entwicklung beteiligt war, schreibt in seinem berühmten Artikel „Ein Physiker betrachtet die Biologie“ dazu, daß BOHRs Vorschlag [69] von einer Komplementaritätssituation in der Biologie analog derjenigen in der Physik für ihn (DELBRÜCK) „das ursprüngliche Motiv für das Interesse an der Biologie gewesen ist“ (**20b**, S. 32).

Wie DELBRÜCK später feststellen mußte, führte der Weg der Aufklärung des Gens an der Strahlengenetik vorbei. Auch wenn heute die Vorstellungen vom Gen als etwas chemisch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nicht Faßbarem, von einer „autonomen Genetik“ merkwürdig erscheinen mögen, so waren sie damals doch von heuristischem Wert.

In der Tat hat DELBRÜCK, als er 1938 nach Pasadena ging, den Gedanken gehabt, daß eine Analyse des Gens zu einer „neuen Physik“ führen würde. Davon überzeugt, daß die Physik noch Überraschungen bereithalte, widmete er sich mit aller Kraft der Aufklärung der Phagenreplikation und Phagengenetik.

Als 1953 jedoch klar war, daß die Vererbungsprozesse mit Hilfe der bekannten Chemie und Physik erklärbar sind, wandte sich DELBRÜCK sofort einem anderen Objekt, dem *Phycomyces*, zu; immer noch in der Hoffnung, diesmal beim Problem der Energiewandlung (Lichtblitze lösen bei diesem Pilz schnelle Nickbewegungen aus), endlich eine „neue Physik“ entwickeln zu können. Es entsteht die Situation, daß DELBRÜCK auf der Suche nach einem Paradoxon, daß es nicht gibt, wichtigste Entdeckungen, wie eben die Phagenreplikation, in der Biologie vollbracht hat. Es mutet nahezu grotesk an, daß er in dem Augenblick, in dem die Molekulargenetik geboren war, weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet aufgab. DELBRÜCK meinte, daß die Bakteriophagen nunmehr „in guten Händen“ seien. Nachdem auch bei *Phycomyces* klar ist, daß kein physikalisches Paradoxon zu erwarten ist, hat MAX DELBRÜCK erneut das Objekt seiner Forschung gewechselt und hofft nunmehr bei dem letzten großen Problem biologischer Forschung, bei der Untersuchung der höheren Nerventätigkeit, auf ein Paradoxon zu stoßen.

Wie wir schon im vorangegangenen Kapitel deutlich machten, stand auch E. SCHRÖDINGER unter dem Einfluß der Gedanken von NIELS BOHR. Auch er war der Meinung, daß die Biologie Quelle neuer physikalischer Gesetze sein könnte. W. ELSASSER, der „als erster die Vermutung ausgesprochen hat, daß man bei bewegten Elektronen ganz entsprechende Interferenz- und Beugungserscheinungen beobachten müsse wie beim Licht“ (vgl. W. WESTPHAL, S. 581), hat unter dem Einfluß dieser Erkenntnisse ebenfalls versucht, das BOHRsche Prinzip der Komplementarität für die Biologie fruchtbar zu machen. W. ELSASSER steht unter dem Einfluß des logischen Positivismus. Wenn er auch in seinen neueren Arbeiten (**31a**) vom Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität abrückt, so hält er doch an dem im folgenden Kapitel noch zu diskutierenden „Prinzip der endlichen Klassen“ aus logischen Gründen fest.

Wenn die Anzahl der Elemente eines Systems groß ist, so ist nach W. ELSASSER die Anzahl der möglichen Kombinationen so unermeßlich, daß sie nicht mehr alle untersucht werden können. Dagegen ist deutlich zu machen, daß die Strukturiertheit der Materie den Variationsmöglichkeiten der Elemente Schranken setzt.

[70] *Durch die jeder Entwicklungsstufe der Materie eigentümlichen Strukturen erfolgt eine Auslese der Möglichkeiten, so daß nur eine sehr kleine Anzahl aller denkbaren Beziehungen realisiert wird.*

Mit einer Konzeption, die davon ausgeht, daß die in der atomaren, physikalischen Bewegungsform der Materie gegebenen Möglichkeiten durch die der jeweiligen Entwicklungsstufe der Materie eigentümlichen Strukturen eingeschränkt werden, kann die Komplementaritätskonzeption und insbesondere auch die Konzeption des Reduktionalismus überwunden und eine dialektische und materialistische Lösung des hier diskutierten Problems gefunden werden. *Mit dem Übergang zu hochkomplexen biologischen Systemen treten zusätzlich determinierende Faktoren auf, wie z. B. informationelle Zusammenhänge und Prinzipien, die zwar nicht die Gültigkeit der quantenmechanischen Gesetze, aber die Vielfalt der nach ihren Gesetzmäßigkeiten möglichen Zustände und Entwicklungen einschränken.*

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 2.1.2. Die objektive Möglichkeit, Information und biologische Bewegungsform der Materie

Stellt man die Frage, wie sich aus der atomaren physikalisch-chemischen Bewegungsform der Materie eine neuartige Bewegungsform – das Leben –entwickelt haben kann, sind, wie K. FUCHS deutlich gemacht hat (**39a**), folgende theoretischen und philosophischen Überlegungen wichtig:

1. Der tiefste Grund für den Übergang der Materie von einer Entwicklungsstufe zu einer anderen liegt in der Unerschöpflichkeit der Entwicklungsmöglichkeiten der Materie.

2. Jede spezifische Entwicklungsstufe, z. B. die atomare physikalisch-chemische, die biologische, hat ihre Grenzen, die durch die Gesetzmäßigkeiten der gegebenen Entwicklungsstufen bestimmt werden.

3. Innerhalb dieser Grenzen entstehen jedoch Systeme mit einer immer komplexeren Organisation, die kompliziertere Bewegungsformen und vollendetere Entwicklungsmöglichkeiten zur Folge haben. Innerhalb der niederen Entwicklungsstufe entstehen demnach die Voraussetzungen für das Auftreten neuer Gesetzmäßigkeiten, welche die gesetzten Grenzen aufheben und eine höhere Entwicklungsstufe einleiten.

4. Die Gesetze der niederen Bewegungsform der Materie behalten ihre Gültigkeit, d. h., was biologisch möglich ist, muß auch physikalisch-chemisch möglich sein, doch die Umkehrung dieses Satzes gilt nicht. Nicht alles, was physikalisch-chemisch möglich ist, ist biologisch möglich.

5. Das Feld der physikalisch-chemischen Möglichkeiten wird durch die biologischen Gesetze stark eingeschränkt. Das, was jedoch aus der Sicht der physikalisch-chemische Bewegungsform der Materie eine Einschrän-[71]kung darstellt, ist vom Standpunkt der Biologie eine Auswahl, die auf komplexere Strukturen und vollendetere Systeme höherer Organisation gerichtet ist. Gerade dies erfordert zusätzliche Bestimmungselemente.

6. Durch die jeder Entwicklungsstufe der Materie eigentümlichen Strukturen erfolgt eine Auswahl der Möglichkeiten, so daß nur eine sehr kleine Anzahl aller denkbaren Beziehungen realisiert wird. Dieses Auswahlprinzip kann nichts anderes sein als die Widerspiegelung des Gesetzes, das im biologischen System als zusätzlich determinierender Faktor wirksam ist, um aus der Fülle der quantenmechanisch möglichen Strukturen die Auswahl der biologischen Form zu treffen.

Wir sind hier an einem Punkt, wo es unterschiedliche Auffassungen gibt, auch zwischen materialistisch und dialektisch denkenden Naturwissenschaftlern. K. FUCHS nimmt an, daß trotz spezifischer Anfangsbedingungen, z. B. bei einem Hühnerei, in der Vielfalt der quantenmechanischen Möglichkeiten für einen späteren Zeitpunkt nur sehr wenige einem Hühnchen entsprechen wurden. Da aber in Wirklichkeit meist ein Hühnchen entsteht, soll es ein Gesetz geben, „das im biologischen System als zusätzlich determinierender Faktor wirksam ist, um aus der Fülle der nach der quantenmechanischen Statistik möglichen Strukturen die Auswahl der biologischen Form zu treffen“ (**39a**).

Dagegen könnte geltend gemacht werden, daß dies eine Veränderung der Quantenphysik erforderlich machen würde und daß dafür keinerlei Anlaß gegeben ist. Dieser Einwand ist jedoch insofern nicht treffend, da er ausgeht von der Vorstellung, daß die Quantentheorie universelle Gültigkeit habe und sich praktisch doch alle Möglichkeiten im biologischen System realisieren würden. Es ist zu beachten, daß Quantentheorie, wie jede einzelwissenschaftliche Theorie, keine universelle Gültigkeit besitzt, sondern auf einen bestimmten Gegenstandsbereich begrenzt ist. Mit dem Übergang zu hochkomplexen Systemen treten wie gesagt zusätzlich determinierende Faktoren, wie z. B. informationelle Zusammenhänge und Prinzipien (Selektionsprinzip) auf, welche die Vielfalt der möglichen Zustände und Entwicklungen einschränken.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

K. FUCHS hebt hervor: „Die Kategorie der Möglichkeit enthält einen Widerspruch – den Widerspruch der nicht verwirklichten Wirklichkeit. In diesem Widerspruch ist die Unerschöpflichkeit der Materie begründet. Doch auf der Stufe der physikalisch-chemischen Bewegungsform hat die Natur sozusagen die Dialektik noch nicht gelernt, und der Widerspruch wird mechanisch gelöst. Durch Wiederholung im statistischen Ensemble wird jede Möglichkeit verwirklicht. Genauer gesagt: Jede auf der atomaren physikalisch-chemischen Bewegungsform gegebene Möglichkeit wird entsprechend ihrem statistischen Gewicht im Ensemble verwirklicht. Doch auf diese Weise erhalten wir eine Welt, die sich ebenso ewig im Kreise dreht und genauso wenig vom Flecke kommt, wie die von ENGELS kritisierte Welt des klassischen französischen Materialismus“ (**39a**).

[72] Die Unerschöpflichkeit der Materie äußert sich nicht darin, daß sie dasselbe auf einer endlichen Zahl grundlegender Verknüpfungsmöglichkeit basierende Spiel in endloser Kombination fortsetzt, sondern in einem Prozeß, der in der Entfaltung der auf einer bestimmten Stufe gegebenen beschränkten Möglichkeiten Voraussetzungen schafft für qualitativ neue Bewegungsformen der Materie, mit neuartigen Gesetzmäßigkeiten.

Die Entwicklung dieser Strukturen, ihre neuartigen Bewegungsformen sind gebunden an materielle Strukturen hoher Komplexität. Entscheidend ist also, daß *im* Schoße der niederen Entwicklungsstufe komplexe Bedingungen für das Wirken neuer Gesetzmäßigkeiten entstehen, die durch einschränkende Bestimmung der Prozesse die Herausbildung materieller Systeme von qualitativ höherer Komplexität ermöglichen und damit qualitativ neue Entwicklungsmöglichkeiten eröffnen.

So konnte OPARIN in seinen für die Aufklärung des Prozesses der Entstehung des Lebens bahnbrechenden Arbeiten zeigen, wie unter bestimmten Bedingungen auf Grund physikalisch-chemischer Gesetze Lösungen eiweißähnlicher Verbindungen entstehen konnten, wie abgegrenzte Systeme entstehen, die in Wechselwirkung mit der Umwelt Voraussetzungen waren für das Entstehen und Wirken der natürlichen Auslese, die, wie OPARIN hervorhebt: „im eigentlichen Entstehungsprozeß des Lebens entstanden und deshalb bereits biologischen Charakter hatte“. (**117**, S. 178.)

Die natürliche Auslese wiederum führt zur Entwicklung einer inneren Organisation, die auf das System bezogene Funktionen (Selbsterhaltung, Selbsterzeugung) gewährleistet. Das Prinzip der natürlichen Auslese stellt somit eine schärfere Determinierung des biologischen Geschehens dar, welche zu einer höheren Qualität der Organisation der Materie führt, zur Herausbildung biologisch „zweckmäßig“ organisierter und funktionierender Strukturen und dadurch zu völlig neuartigen Entwicklungsmöglichkeiten, die sich in der Mannigfaltigkeit der Pflanzen- und Tierwelt manifestieren.

So hebt OPARIN hervor: „Die Wege dieser weiteren Entwicklung des Lebens können schon nicht mehr allein auf der Grundlage physikalischer und chemischer Gesetzmäßigkeiten verstanden werden, weil auf dem weiten, von diesen Gesetzmäßigkeiten eröffneten Feld der Möglichkeiten das Leben nur eine ganz bestimmte Richtung einschlägt, die von irgendeiner spezifischen, historisch entstandenen Notwendigkeit diktiert wird.“ (**117**, S. 178.)

Nimmt man diese allgemeine Struktur für den Übergang von einer Bewegungsform der Materie zu einer anderen, so gilt es also vor allem, zwei Fragen zu klären:

1. welcher Widerspruch setzt die Grenzen der Möglichkeiten der Entwicklung auf der Ebene der atomaren physikalisch-chemischen Bewegungsforum und

2. welche neue Gesetzmäßigkeit, die schon biologischer Natur ist, kann auf einer hohen Stufe der Organisation physikalisch-chemischer Prozesse sich anbahnen und den Prozeß der Entstehung des Lebens einleiten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[73] Wie M. EIGEN in jüngster Zeit deutlich machte, sind dies ganz bestimmte Eigenschaften der Materie, wie Entfernung vom thermodynamischen Gleichgewicht und autokatalytische Eigenschaften, die eine Selektion schon unter bestimmten Bedingungen in der präbiotischen Phase der Entwicklung ermöglichen (vgl. Teil II, S. 391 f.).

M. EIGEN diskutiert in seiner Arbeit über „Selbstorganisation der Materie und die Evolution der Makromoleküle“ die Frage: „Ist die Biologie durch die Physik – in ihrer gegenwärtigen Form – begründbar?“

Er kommt zu der Antwort, daß wir heute in keiner Weise zu der Annahme gezwungen sind, die Biologie ließe sich nicht auf Physik und Chemie zurückführen. „Bei den bisher hinreichend untersuchten biologischen Vorgängen und Erscheinungen,“ schreibt er, „gibt es keinerlei Hinweis dafür, daß die Physik in ihrer uns bekannten Form nicht dazu in der Lage wäre, wenngleich auch – wie in den makroskopischen Erscheinungen der unbelebten Welt – einer Beschreibung im Detail Grenzen gesetzt sind, die nicht im Grundsätzlichen, sondern allein in der Komplexität der Erscheinungen begründet sind“. Mit dieser Feststellung betont er zugleich: „Ebensowenig wird damit ausgeschlossen, daß die uns geläufigen wesentlichen Prinzipien der Physik sich in den Lebenserscheinungen in einer besonderen, eben für diese charakteristischen Form äußern. Zu nennen sind hier vor allem das – für die Theorie der Informationserzeugung charakteristische und physikalisch ableitbare – Wertkonzept, das den Optimierungsprozeß der Evolution beherrscht, oder die diesem Vorgang eigene zeitliche Vorzugsrichtung, die in den Stabilitätskriterien der thermodynamischen Theorie irreversibler Prozesse ihren Ursprung hat und die Evolution zu einem grundsätzlich ‚unabwendbaren‘ Ereignis macht.“ (**30c**, S. 523.)

Der entscheidende Gedanke ist also, daß wir uns von der Arbeitshypothese der prinzipiellen Rückführbarkeit leiten lassen müssen, solange wir nicht wissen, wie es wirklich ist und immer nur dann neue Annahmen machen dürfen, wenn wir wirklich dazu gezwungen sind; daß wir weiterhin erkennen müssen, daß in lebenden Systemen Zusammenhänge vorliegen, denen wir gewöhnlich in der Physik und Chemie, bei der Untersuchung der unbelebten Natur nicht begegnen. Wir haben eine Informationstheorie, wir wissen aber noch nicht, wie Information entsteht. Es gibt eigentlich noch keine Theorie der Selbstorganisation der Materie.

In den Lebensprozessen tritt uns ein vielfältiges Ineinandergreifen von Ursache und Wirkung entgegen, „wobei Ursache und Wirkung der Einzelprozesse sich nicht einfach aufsummieren, sondern sich auf Grund von Rückkopplungen gegenseitig verstärken. Dabei kommt am Ende etwas heraus, was auf Grund einfacher Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, wie wir sie aus der statistischen Mechanik gewöhnt sind, nicht mehr erklärbar ist“. So schreibt M. EIGEN im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen zur Primärevolution, die ja mit den Prinzipien der Physik erklärbar sein muß, da das Leben eben noch nicht entstanden ist: „Wir sehen, daß es bei der Gesamttheorie nachher nicht mehr um eine statistische Mechanik von ein-[74]zelnen Partikeln geht, um Wahrscheinlichkeitsberechnung, sondern daß die Gesamttheorie eine statistische Mechanik von Maschinen sein wird ... daß der Gesamtvorgang sich aus vielen Einzelprozessen zusammensetzt, so daß schließlich in der Gesamtzahl Ursache und Wirkung nicht mehr zu trennen sind. Wir haben aber auch gesehen ... daß man mit gezielten Experimenten an die Einzelprozesse herankommen kann, an Prozesse, bei denen Ursache und Wirkung, soweit es im Rahmen unserer Physik überhaupt möglich ist, eindeutig einander entsprechen. Wir werden sehen, daß wir beim Zusammenfügen dieser Einzelprozesse keine neue Physik brauchen, obwohl am Ende etwas dabei herauskommt, was für die Physik neu ist, nämlich die Biologie.“ (M. EIGEN: Festvortrag zur Jahresversammlung der Leopoldina 1969, „Die Evolution biologischer Makromoleküle“).

Dies führt zu der Erkenntnis, daß wir keine „neue Physik“ brauchen, wahrscheinlich jedoch eine Konzeption, die in der Physik bisher nicht behandelt wurde, also etwas Neues im Rahmen der uns bekannten Physik. Dieses Neue könnte dann wieder als für das Leben charakte-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ristisch bezeichnet werden, denn wir gewinnen „eine physikalische Erklärung dessen, was wir in der belebten Welt – und nur in dieser – vorfinden“.

Diese Berücksichtigung der spezifischen Qualität des Lebens wird man nicht wieder als Vitalismus bezeichnen können, denn es handelt sich gerade hier um seine grundsätzliche und dialektische Negation. Der Begriff des Vitalismus ist verbunden mit idealistischen und obskuren Konzeptionen in der Biologie. Für den dialektischen Materialismus ist die Feststellung wichtig, daß den verschiedenen Bewegungsformen der Materie prinzipiell erkennbare, jedoch qualitativ neue, für sie charakteristische Eigenschaften zukommen.

Für unsere Thematik ist weiterhin die Klärung der Frage wichtig, ob die Kybernetik sich auf Physik reduzieren läßt und wie ihr Verhältnis zur Biologie ist. Wie aus der Diskussion der Auffassungen von M. EIGEN und K. FUCHS deutlich wurde, hat das Verständnis der Rolle, die die Information in den Lebensprozessen spielt, auch Bedeutung für das Verständnis des Verhältnisses von Physik, Biologie und Kybernetik. Wie J. PEIL (**120b**) hervorhebt, werden einmal informationstheoretische Begriffe mehr oder weniger formal auf Prozesse der biologischen Informationsübertragung, -aufnahme, -speicherung und -verarbeitung angewendet, zum anderen wird auf einer qualitativ höheren Stufe der Begriff „Information“ zur Klärung von Lebensprozessen herangezogen. Verschiedene typische biologische Prozesse, wie Reduplikation, Auslese, Anpassung u. a. sollen tiefer verstanden werden, und insbesondere spielt die Information auf biochemischer und molekularbiologischer Ebene beim Versuch der Erklärung der Entstehung des Lebens eine wichtige Rolle.

Gerade die letztere Verwendung des Informationsbegriffs hängt eng zusammen mit der in jüngster Zeit immer wieder neu gestellten Frage nach dem Verhältnis von Physik und Biologie.

Zu den speziellen Merkmalen, die nach Meinung der Biologen die organismischen Strukturen von den unorganischen Körpern unterscheiden, wie [75] Stoffwechsel, Reduplikation und Mutation als Voraussetzung für den Prozeß der Evolution, schreibt C. F. VON WEIZSÄCKER: „Betrachten wir nun diese drei Charakteristika des Lebens, dann würde ich zunächst sagen, die Konstanz der Form bei wechselnder Materie wirklich begreiflich zu machen, das sei eben eine Aufgabe kybernetischer Modelle ...

Wenn also die kybernetischen Modelle wirklich funktionieren ... dann wird das Problem des Stoffwechsels auf ein physikalisches Problem reduziert sein, sofern die Kybernetik wirklich eine Reduktion auf Physik ist, was wir noch sehen müssen.“ (**181c**, S. 237-251.)

Zu der Hypothese des radikalen Physikalismus oder Reduktionalismus äußern sich heute viele Forscher unter dem Eindruck der Erfolge der Molekularbiologie und Kybernetik positiv.

Sie sind der Überzeugung, daß sich die Lebensprozesse letztlich allein durch die Gesetze der Physik werden erklären lassen.

C. F. VON WEIZSÄCKER schreibt: „Dieser Leitfaden soll die Hypothese des radikalen Physikalismus sein, d. h. die unbewiesene und heute selbstverständlich unbeweisbare Hypothese, daß in den Organismen die Gesetze der Physik uneingeschränkt gelten und daß man andere Gesetze als diese nicht braucht, um das Funktionieren der Organismen zu verstehen“ (**181c**).

C. F. VON WEIZSÄCKER vertritt diese These allerdings mit der Einschränkung, daß wir noch nicht wissen, was Physik eigentlich sei.

Er kommt dann zu folgender interessanten Überlegung: „Ich formuliere also wieder eine Hypothese, und sei es auch nur zum Zwecke der Widerlegung, nämlich: die Physik, wenn sie einmal fertig sein wird, wird die einzig mögliche, die einzige überhaupt begrifflich mögliche Theorie des Verhaltens von Objekten in der Zeit sein. Dabei habe ich in das Wort ‚Objekt‘ vieles hineingesteckt, was noch einer weiteren Erklärung bedarf“ (**181c**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wird Physik verstanden als die „einzige begrifflich überhaupt mögliche Theorie des Verhaltens von Objekten in der Zeit“, dann gehört die Kybernetik, aber auch die DARWINsche Evolutionstheorie zur Physik, sie ist praktisch gleich objektivierender Wissenschaft überhaupt. Das ist dann doch wohl kein Physikalismus im Sinne der Reduktion auf Gesetze und Prinzipien einer niederen Bewegungsform der Materie.

Das Verhältnis von Physik, Biologie und Kybernetik wird vielfach metaphysisch gesehen. Entweder wird festgestellt, Kybernetik sei eine Reduktion auf Physik (**160**) oder Kybernetik und Physik hätten kaum Berührungspunkte miteinander. Es geht in Wirklichkeit um ein dialektisches Verhältnis (**120b**), das schon in dem, was als Information bezeichnet wird, angelegt ist. Information ist zu verstehen aus der Dialektik von Struktur und Funktion, als Verhältnis der Strukturäquivalenzen zwischen wechselwirkenden Systemen. Ob physikalische Struktur in dieser Wechselwirkung zu Information wird, ist davon abhängig, ob sie umsetzbar ist in Lenkung, in teleonomisches Verhalten. Information ist also selbst physikalische Struktur und zugleich Beherrscher physikalischer Strukturen, wie eine quasi „neue Naturkraft“ (**41f**).

[76] Wichtig ist auch die Tatsache, daß die physikalischen Grundgesetze keine unmittelbaren Aussagen über Lebewesen machen, sondern daß diese erst aus den Gesetzen abgeleitet werden müssen. Die physikalischen Grundgesetze führen zu ganz unterschiedlichen Qualitäten in den verschiedenen Bereichen der objektiven Realität, die als spezifische Gesetzmäßigkeiten dieser Bereiche formuliert werden können. Die Grundgesetze der Physik ermöglichen es also, die gesamte Vielfalt der Erscheinungen zu begründen, jedoch kann man aus den Grundgesetzen der Physik allein nicht die konkrete Struktur deduzieren, sondern das behandelte System muß stets durch bestimmte Anfangs- und Randbedingungen konkretisiert werden. Hier gewinnt die Information über das im einzelnen zufällig Verwirklichte, die Feststellung des Faktischen, der realisierten Möglichkeit, entscheidende Bedeutung, da die Grundgesetze nur Aussagen über das objektiv Mögliche machen können.

Die Feststellung, daß die Biosphäre prinzipiell nicht in all ihren konkreten Formen physikalisch deduzierbar ist und daher das jetzt Faktische (die realisierte Möglichkeit) als nur eines von mehreren auf früheren Stufen noch Möglichen als gleichberechtigt zu den physikalischen Grundgesetzen hinzutritt, ist ja nur eine Folge der an anderer Stelle im einzelnen erörterten These, daß der objektive Zufall in der Evolution eine wesentliche Rolle spielt (vgl. S. 377 f.).

Jeder Einzelschritt, der nicht voll (im klassischen Sinne) determiniert ist, impliziert eine echte Informationsvermehrung, da die dann realisierte Möglichkeit als nur eine von mehreren zuvor noch gegebenen Möglichkeiten nicht eindeutig präformiert war.

Eine so verstandene Information ist nicht auf physikalisch-chemische Gesetze reduzierbar.

Wenn also in einem Entwicklungsprozeß nicht schon alles prädeterminiert ist, sondern ein echter Entwicklungsprozeß stattfindet, Alternativen vorkommen, die durch den probabilistischen Charakter der den Prozeß beherrschenden Gesetzmäßigkeiten bedingt sind, dann ist es berechtigt, von Informationsvermehrung zu sprechen, da die realisierte Möglichkeit eine Spezifizierung im Sinne einer Einschränkung darstellt, welche die physikalischen Grundgesetze nicht unbedingt implizieren.

*Damit wird es möglich, einen Informationsbegriff zu entwickeln in dem verschärften Sinne, daß Information über ein System genau das ist, was in seiner Genesis durch die physikalischen Grundgesetze nicht eindeutig definiert wird*. (Vgl. **41b**)

Allerdings wird der Informationsbegriff in der Kybernetik, in der automatisierten Informationsverarbeitung u. a. völlig zu Recht in einem umfangreicheren Sinne benutzt. Jedoch scheint uns nur die so gegebene Definition eine selbständige Bedeutung von Informationen gegenüber den physikalischen Grundgesetzen prinzipiell gewährleisten zu können.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Legen wir uns hier zusammenfassend die Frage vor:

*Was ist nun das Neue*, das der Molekularbiologie als einer noch jungen Forschungsrichtung so große Bedeutung und Aktualität in der philosophischen Diskussion verleiht?

[77] *Unsere Antwort lautet*: Die Molekularbiologie zeigt eindeutig, daß es *keiner* „*neuen Physik*“, auch nicht der Annahme einer besonderen Lebenskraft bedarf, daß jedoch die im Umgang mit der nichtlebenden Natur erprobten physikalisch-chemischen Methoden modifiziert werden müssen, sollen die Lebensprozesse in ihrer Spezifik voll erfaßt werden.

Es gilt vor allem, *eine Reihe neuer Faktoren* und Zusammenhänge zu berücksichtigen, denen wir normalerweise in der Physik und Chemie nicht begegnen.

Die Entstehung und Reproduktion einer statistisch so unwahrscheinlichen Struktur wie der eines Proteinmoleküls lassen sich mit Hilfe der dem Physiker und Chemiker vertrauten thermodynamischen Prinzipien allein nicht mehr erklären. Hinzukommen muß eine neue Komponente – *die Information*. Sie allein gestattet einen programmierten, gesteuerten bzw. geregelten Ablauf eines unwahrscheinlichen Ereignisses in reproduzierbarer Weise.

Unter dem Eindruck der Erfolge der Biophysik, der Kybernetik und insbesondere der Molekularbiologie wird gegenwärtig immer häufiger die Auffassung vertreten, daß in bezug auf die Biologie der Physikalismus auch in seiner uneingeschränkten, strengen Form berechtigt sei. In der Tat besteht ein außerordentlich fruchtbares Arbeitsprinzip in der Biologie darin, so vorzugehen, als käme man mit der rein physikalischen Beschreibung der lebenden Organismen aus. Kommen wir jedoch an einen Punkt, an dem es auf diese Weise nicht mehr weitergeht, so ist zu prüfen, ob dies daran liegt, daß noch nicht alle Einzelheiten bekannt sind, oder ob hier überzeugend nachgewiesen werden kann, daß die physikalische Arbeitshypothese allein doch nicht ausreicht. Wenn dies gelingen sollte, hätte man eine wirklich wesentliche Erkenntnis gewonnen. Die im folgenden vorgetragenen Hypothesen zielen in diese Richtung; denn es ist m. E. gerade die Aufgabe philosophischer Überlegungen, alle Wege der Erkenntnis offenzuhalten und entsprechende Hypothesen in die Diskussion zu bringen.

## 2.2. Physikalische Aspekte einer weder physikalischen noch vitalistischen biologischen Theorie

### 2.2.1. Der Streit zwischen Mechanismus und Vitalismus

Als *physikalistisch* bzw. *mechanizistisch* wollen wir eine Haltung kennzeichnen, die davon ausgeht, daß biologische Gesetzmäßigkeiten nur Spezialisierungen physikalischer Gesetze sind, sich also aus diesen vollständig ableiten lassen. Physikalistisch ist also eine Haltung, die vom Bestehen einer Isomorphierelation zwischen physikalischem und biologischem Begriffssystem ausgeht, so daß sich die biologische Bewegungsform vollständig auf die physikalisch-chemische reduzieren läßt.

Es ist möglich, hier die Begriffe Physikalismus und Physikalisten zu verwenden, statt im traditionellen Sinne den Begriff Mechanizismus zu verwenden und von Mechanizisten [78] zu sprechen; denn es hat sich gezeigt, daß der Begriff Mechanik für das hier Gemeinte zu eng ist. Es ist aber auch möglich, die alten Begriffe beizubehalten, wenn man sich darüber im klaren ist, daß sie in einem verallgemeinerten Sinn gebraucht werden müssen.

Biologische Gesetze lassen sich jedoch nicht vollständig aus den Gesetzen der Physik (z. B. der Quantenphysik) ableiten, so wie heute fast allgemein die Auffassung vertreten wird, chemische Gesetze seien aus physikalischen ableitbar. Aber selbst wenn sich die Chemie vollständig als Teil der Physik erweisen sollte, wird sie sich, wie LAITKO (**89**) ausführte, „nicht auf die Quantenmechanik reduzieren lassen. Ihr theoretischer Kern formiert sich vielmehr als spezifische Synthese mehrerer physikalischer Theorien. Syntheseprozesse dieser Art sind für die Integration der Wissenschaften typisch“.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Durch die Anwendung von Physik und Chemie bei der Erforschung des lebenden Organismus sind in unserem Jahrhundert entscheidende Fortschritte im Verständnis des Lebenden erzielt worden. Es ist das Ziel dieser Wissenschaften, das Lebensgeschehen auf die bekannten Gesetze der Physik und Chemie, auf die Wechselbeziehungen physikalisch-chemischer Prozesse zurückzuführen. Wenn diese Zielstellung – wie dies oftmals geschieht – als mechanistisch bezeichnet wird, so ist das für die weitere Vertiefung unserer Kenntnisse vom Lebenden außerordentlich schädlich; denn eine physikalisch-chemische Erklärung der Lebensprozesse ist die Voraussetzung für deren materialistische Interpretation. Mechanistisch ist allein die *Reduktion* des Lebensgeschehens auf diese Prozesse. Die Unterscheidung zwischen „Zurückführen“ als einem notwendigen Schritt der Erkenntnis und „Reduzieren“ als einer philosophischen Haltung (Reduktionalismus), die die Spezifik des Lebenden von vornherein unberücksichtigt läßt, scheint mir zur Klärung der Problematik außerordentlich wichtig. Darauf hat vor allem LÄSKER (**90**) aufmerksam gemacht.

Als *vitalistisch* wollen wir eine Auffassung kennzeichnen, die davon ausgeht, daß die Gesetze der Physik und Chemie im Lebenden irgendwo durchbrochen werden. Diese Auffassung ist heute eindeutig widerlegt. Es ist nicht zuletzt das Verdienst der Kybernetik, auch die letzten Reste vitalistischen Denkens, die u. a. mit dem Problem der Zweckmäßigkeit verbunden waren, überwunden zu haben. Die Kybernetik konnte nachweisen, daß sich das für den Vitalismus bedeutsame Prinzip der Zweckmäßigkeit zurückführen läßt auf einen rein physikalischen Vorgang (im Bereich der Technik) bzw. einen physikalisch-chemischen Vorgang (im Bereich lebender Systeme), auf das Vorhandensein negativer Rückkopplung. Es konnte bewiesen werden[1], daß sich selbst solche Merkmale wie Replikation und Wachstum der Konzeption der Rückkopplung fügen. Damit wurde der Beweis erbracht, daß es nicht möglich ist, die Eigenart des Lebenden durch die Angabe einzelner Merkmale (wie z. B. Zielgerichtetheit, von der RUSSELL spricht) nachzuweisen, die, losgelöst vom physikalisch-chemischen Geschehen, allein dem Lebenden zu-[79]kommen sollen. RUSSELL schrieb aber noch im Jahre 1941 (d. h. nur zwei Jahre vor dem Erscheinen der entscheidenden Arbeit von ROSENBLUETH, WIENER und BIGELOW, **137**) in Unkenntnis der gewaltigen technischen Entwicklung: „Es sollte offenkundig sein, daß die Analogie zwischen einem Organismus und einer Maschine oberflächlich und vage ist, allein schon aus dem Grund, weil der Organismus eine Einheit ist, die sich selbst erhält, sich fortpflanzt und entwickelt, und eben dies gilt von keiner Maschine.“ (**140**, S. 7.) Dagegen hat VON NEUMANN (**113**) zeigen können, daß TURINGs Ergebnisse (**169**) die logische Möglichkeit einer sich selbst reproduzierenden Maschine beweisen. Es ist also logisch möglich, eine Maschine zu konstruieren, die ihrerseits andere, komplizierte Maschinen entwerfen kann.

Der Homöostat von ASHBY zeigt selbst die Phänomene der „Wundheilung“, der Selbstorganisation gestörter Strukturen. Dies beweist, daß auch das für DRIESCH so entscheidende Merkmal von technisch-kybernetischen Systemen verwirklicht werden kann, wenn diese nur raffiniert genug konstruiert sind. DRIESCH schreibt bezugnehmend auf seine Versuche mit Seeigeleiern: „Eine Maschine, d. h. eine spezifisch auf besondere Leistung eingestellte Struktur, bleibt nicht, was sie war, wenn man sie halbiert oder vierteilt oder ihr beliebige Teile nimmt oder, was wir noch hinzufügen wollen, ihre Teile beliebig verlagert.“ (**26**, S. 47.) Es zeigt sich, daß er entsprechend dem damaligen Stand der Technik recht primitive Maschinen im Auge hatte, eben den Homöostaten noch nicht kannte (**4**). Es bleibt jedoch zu überdenken, ob in diesen technisch-kybernetischen Systemen schon eine so tiefe Dialektik von Ganzem und Teil verwirklicht ist, wie sie uns im Lebenden, insbesondere in den genannten Versuchen DRIESCHs, entgegentritt. Mehrfach wies auch NOWIK (**114**) auf die besondere neue Qualität der Ganzheitsbeziehungen im Gehirn gegenüber denen in Automaten hin. Physikalisch-

[1] Siehe S. 272 f.; dort wird näher auf das Problem der Zweckmäßigkeit in kybernetischer Sicht eingegangen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

chemische Prozesse können ohne Lebenserscheinungen verlaufen, nicht aber umgekehrt. Das zeigt, daß biologische Prozesse von physikalisch-chemischen nicht zu trennen sind, aber nicht alles, was physikalisch-chemisch möglich ist, ist auch biologisch möglich, da hier eine zusätzliche Determination durch biologische Gesetze auftritt.

Im weiteren soll versucht werden folgende These zu begründen: Gesetze der Physik und Chemie werden im Lebenden niemals durchbrochen, doch sind biologische Gesetze keine Spezialisierungen der Gesetze der Physik und Chemie. Biologische Gesetze sind *weiter*, umfassender und somit auch konkreter als die physikalisch-chemischen in ihrer Anwendung auf das Lebensgeschehen. Mit anderen Worten: Es besteht keine isomorphe Zuordnung zwischen dem physikalisch-chemischen und dem biologischen Begriffssystem.

Für das Folgende sind ein präziser Abbildungsbegriff und eine Klassifizierung der Abbildungen unter verschiedenen Gesichtspunkten nützlich. Unter Abbildung versteht man allgemein eine Zuordnung von Elementen einer ersten Menge M (Urbildmenge) zu denen einer zweiten Menge N (Bildmenge) (siehe Abb. $4a_1$). [80]

*1. Klassifizierungsgesichtspunkt*: *Teilnahme der Elemente der beiden Mengen an der Zuordnung*. Im allgemeinen brauchen weder alle Elemente der Urbildmenge noch alle Elemente der Bildmenge von der Zuordnungsvorschrift erfaßt zu werden. So spricht man im allgemeinsten Fall von einer Abbildung *aus* der Urmenge *in* die Bildmenge, wie beispielsweise Abbildung $4a_2$ eine Abbildung aus M in N zeigt.

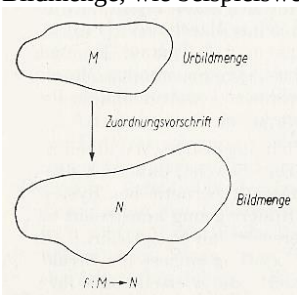



Abb. $4a_1$. Allgemeines Schema der Abbildung.

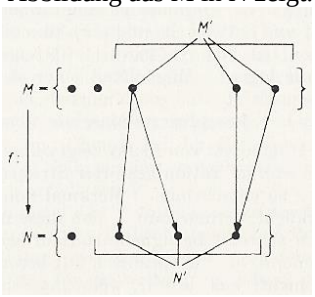



Abb. $4a_2$. Beispiel einer Zuordnung von Elementen-Mengen M und N.

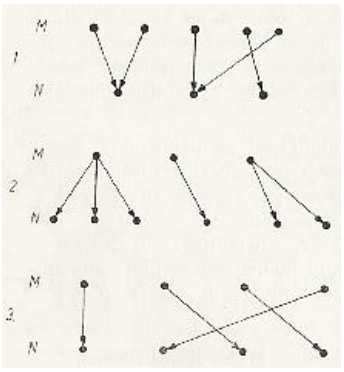



Abb. 4b

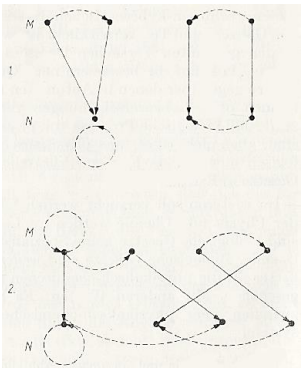



Abb. 4c. Isomorphismus und Homomorphismus. Erläuterungen im Text.

[81] Folgende Spezialfälle können unterschieden werden:

a) Werden alle Elemente der Urbildmenge von der Zuordnungsvorschrift erfaßt, so handelt es sich um eine Abbildung *von* der Urbildmenge.

b) Sind alle Elemente der Bildmenge an der Zuordnung beteiligt, so liegt eine Abbildung *auf* die Bildmenge vor. So ist in Abbildung $4a_2$ die Abbildung *aus M′ in N* speziell eine Abbildung *von M′ in N*. Ferner kann man sehen, daß die Abbildung *aus M in N′* eine Abbildung *aus M auf N′* ist und daß es sich hier schließlich um eine Abbildung von *M′* auf *N′* handelt.

Bei jeder Abbildung f aus Min N gibt es immer eine größte Teilmenge M′ von M und eine größte Teilmenge *N′* von N, sodaß die Abbildung feine Abbildung *f′ von M′ auf N′* induziert.

*2. Klassifizierungsgesichtspunkt*: *Mehr- oder Eindeutigkeit*. Wir nehmen an, daß es sich um eine Abbildung f von einer Menge M auf eine Menge N handelt. (Elemente, die nicht von der Zuordnungsvorschrift f erfaßt werden, sind unter diesem Gesichtspunkt nicht von Interesse.)

Im allgemeinen ist eine Abbildung mehrmehrdeutig, d. h., sowohl ein Element aus M kann mehrere Bilder in N haben als auch ein Element aus N mehrere Urbilder aus M, wie es z. B. bei der Abbildung von M′ auf N′ deutlich wird (s. Abb. $4a_2$).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Hat jedes Element von M genau ein Bild, so heißt die Abbildung eindeutig (s. Abb. $4b_1$). Hat jedes Element von N genau ein Urbildelement, so heißt die Abbildung einmehrdeutig (s. Abb. $4b_2$).
Ist die Abbildung eindeutig und hat jedes Element der Bildmenge N auch genau ein Urbild in M, so heißt die Abbildung eineindeutig oder umkehrbar eindeutig (s. Abb. $4b_3$).
*3. Klassifizierungsgesichtspunkt*: *Berücksichtigung der Mengenstruktur* (Homomorphie und Isomorphie). Für das folgende sei vorausgesetzt, daß die beiden Mengen, zwischen denen Zuordnungen erfolgen, eine Struktur besitzen, d. h. spezifische Beziehungen zwischen den Elementen der jeweiligen Menge bestehen. In jeder der Mengen M und N sei eine zweistellige Relation definiert.
Die Relation in M (durch $R_M$ bezeichnet) muß nicht das gleiche bedeuten wie die Relation in N ($R_N$). Die Tatsache, daß zwischen dem Element a und dem Element b aus M die Relation R besteht, drücken wir durch die Schreibweise a R b oder R (a, b) aus und stellen das bildlich durch einen gestrichelten Pfeil dar, der die Punkte a und b verbindet.
Wir nennen eine eindeutige Abbildung f von M auf N relationstreu genau dann, wenn folgendes gilt: Besteht zwischen zwei Elementen a und b aus M die Relation $R_M$, so besteht dann auch zwischen den Bildelementen von a und b in N (das sind f(a) und f(b)) die entsprechende Relation $R_N$.
Eine Abbildung f von M auf N heißt homomorph oder ein Homomorphismus, wenn sie relationstreu ist. Man nennt in diesem Falle N ein homomorphes Bild von M (und man schreibt M ~ N) oder N homomorph zu M. Ein Beispiel zeigt Abbildung $4c_1$.
Eine Abbildung von M auf N heißt isomorph oder ein Isomorphismus, wenn sie eineindeutig und relationstreu ist. Man nennt N isomorph zu M (und schreibt M ≅ N es gilt dann auch N ≅ M). Siehe Abbildung $4c_2$.
Die Isomorphie ist ein Spezialfall der Homomorphie.
Diese Begriffsbildungen lassen sich ohne Schwierigkeit auf mehrstellige Relationen erweitern und auch auf Mengen, für die gleichzeitig mehrere Relationen definiert sind.
Die Begriffe der Homomorphie und Isomorphie gelten auch für Abbildungen aus einer Menge M in eine Menge N. In diesem Falle betrifft die Homomorphie- bzw. Isomorphiebeziehung jeweils die größten an der Abbildung teilnehmenden Mengen M′ und N′.
Mit ELSASSER gebrauchen wir auch den Begriff des allgemeinen Homomorphismus und verstehen darunter eine mehrdeutige relationstreue Abbildung.

[82] Gehen wir davon aus, daß kein Isomorphismus vorliegt, so ist damit deutlich, daß wir die Gesetze der höheren Bewegungsform der Materie nicht einfach aus den Gesetzmäßigkeiten der qualitativ niederen Bewegungsform der Materie deduzieren können. Eine Deduktion wäre schon schwierig im Falle eines Homomorphismus, da ein Homomorphismus keinen eindeutigen Rückschluß auf das Urbild gestattet. Die Aussage, daß wahrscheinlich ein allgemeiner Homomorphismus besteht, weist uns aber noch klarer auf die Tatsache, daß eine biologische Erscheinung zu erklären bedeutet, wie SEGAL ausführte: „... diese Erscheinung auf Elemente der nächst niedrigeren Bewegungsqualität zurückzuführen, den Mechanismus des qualitativen Sprungs aufzudecken, durch welchen die höhere Qualität aus der niederen entsteht und aufzuzeigen, wie die Gesetzmäßigkeiten der höheren Bewegungsform aus der neuartigen Wechselwirkung von Funktionen der niederen Bewegungsform entstehen.“ (**154**, S. 267.)

Beim *Problem der morphologischen Stabilität* des erwachsenen Organismus sowie bei den *morphogenetischen Prozessen* und den *Evolutionsprozessen* zeigt es sich m. E. besonders deutlich, daß sich biologische Erscheinungen nicht vollständig allein durch die uns aus dem Umgang mit der nichtlebenden Natur bekannten Gesetze der Physik und Chemie erklären lassen, daß also Homomorphismus vorliegt. Wir sind jedoch durchaus in der Lage, den Qualitätssprung gedanklich zu überbrücken und wissenschaftlich zu analysieren.

Die eingeführte Fallunterscheidung auf Grund möglicher relationstreuer Abbildungen läßt sich ebenfalls zur Charakterisierung verschiedener Konzeptionen der ontogenetischen Entwicklung benutzen, vgl. S. 356 f.

Betrachten wir den erwachsenen Organismus als Menge O und die Keimzelle als Menge K, dann läßt sich die Annahme eines Isomorphismus zwischen O und K mit dem Standpunkt des Präformisten identifizieren (ELSASSER, **32**). Die Annahme, O ~ K, daß also K ein homomorphes Bild von O ist, d. h., eine eindeutige relationstreue Abbildung von O auf K besteht oder sogar ein allgemeiner Homomorphismus, d. h. mehrmehrdeutige Abbildung zwi-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

schen O und K vorliegt, läßt sich mit einer Theorie der dialektischen Einheit von Präformation und Epigenese vereinbaren. Sie läßt die Möglichkeit zu, daß sich die morphogenetischen Prozesse mit Informationsvermehrung vollziehen.

ELSASSER nimmt wahrscheinlich auch noch an, daß die Relationen nur zum Teil erhalten bleiben. Der Terminus allgemeiner Homomorphismus ist noch nicht exakt definiert (zu beachten wäre noch, daß die Beziehung zwischen O und K eine nicht ganz relationstreue Abbildung *aus* O in K ist).

Die Annahme der Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese, das Bestehen eines Isomorphismus bzw. einer Eins-zu-eins-Übereinstimmung zwischen Gensystem und Enzymsystem ist heute weitgehend gesichert. Erst in der Dynamik der Zelle, den Wechselbeziehungen der Enzymsysteme mit weiteren morphologischen Strukturen des sich entwickelnden Organismus könnte also der (allgemeine) Homomorphismus, den eine Theorie der dialektischen Einheit von Präformation und Epigenese voraussetzen muß, in Erscheinung treten.

[83] Auf die speziellen Probleme, die in diesem Zusammenhang auftreten, kommen wir im zweiten Teil dieser Arbeit wieder zurück. Hier soll nur das Grundproblem herausgearbeitet und noch durch folgende Überlegungen verdeutlicht werden.

Die Molekularbiologie gibt uns heute ein relativ klares Bild darüber, wie der Bauplan eines hochdifferenzierten Lebewesens in den Chromosomen der Keimzelle niedergelegt ist. Information muß auf einem materiellen Träger gespeichert werden. Das ist auch genau das, was eine moderne elektronische Rechenanlage macht, wenn sie, je nach den angeschlossenen Ausgabegeräten, eine große Menge an Informationen entweder in Lochkarten stanzt oder auf Magnetband ausgibt. Die Lochkarte wie auch das Magnetband sind mechanische Informationsspeicher. Sie haben die Aufgabe, Informationen über längere Zeit unverändert festzuhalten. Die Wissenschaft von der Vererbung, die Genetik, macht deutlich, daß im Keimplasma Strukturen existieren, die die Grundlage der Vererbung bilden, und zeigt, wie die in diesen Strukturen gespeicherte Information bzw. der Bauplan von Generation zu Generation weitergegeben wird. Hier tritt nun folgendes grundsätzliche Problem auf: Auch wenn wir annehmen, daß die Genetik noch nicht alles erforscht hat, so ist doch die Kluft zwischen den beiden Informationsgehalten, einmal dem Informationsgehalt des erwachsenen Organismus und zum anderen dem Informationsgehalt der Chromosomen in der Zygote des Menschen, außerordentlich groß. Der Informationsgehalt eines erwachsenen menschlichen Organismus wird auf $5 \times 10^{25}$ bit geschätzt und der menschlicher Chromosome auf $10^{11}$ bit (vgl. DANCOFF und QUASTLER, **23b**, vgl. S. 361).

Der Präformist bzw. Mechanist müßte annehmen, daß die fehlende Information, die zum Aufbau des erwachsenen Organismus benötigt wird, noch irgendwo verborgen sei. Er geht ja von der Annahme einer vollständigen Informationsspeicherung aus. Sicher lassen sich die genetischen Methoden noch verbessern. Jedoch ist die Genetik doch wohl weit genug entwickelt, um uns zumindest einen Einblick in die etwaige Größenordnung des gespeicherten Informationsgehaltes zu geben. Nun lehrt uns die Geschichte der Physik, daß die Feststellung einer grundsätzlichen Nichtbeobachtbarkeit oftmals einer radikalen Veränderung der theoretischen Konzeptionen vorausging.

Die Konzeption mußte so geändert werden, daß solche nichtbeobachtbaren Erscheinungen eliminiert wurden. Erinnern wir uns z. B. an das Versagen des Ätherbegriffs. MICHELSON hatte im Jahre 1888 einen Versuch gemacht, der zeigte, daß sich das Licht relativ zur Erde nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit ausbreitet. Dieses Ergebnis war völlig unerwartet, denn auch nach der von der elektromagnetischen Lichttheorie angenommenen Konzeption war das Licht ein Wellenvorgang, der sich in einem *nicht beobachtbaren feinen Medium, dem Äther*, fortpflanzt. Aus den Ergebnissen der Astronomie wissen wir, daß die Erde mit einer

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Geschwindigkeit von etwa 30 km in der Sekunde um die Sonne kreist. Sie müßte sich dann mit der gleichen oder noch größeren Geschwindigkeit durch den Äther bewegen.

[84] Daher wurde erwartet, daß Lichtsignale, die wir in Richtung der Erdbewegung ausschikken, sich langsamer von der Erde entfernen als Lichtsignale in einer Richtung senkrecht zu der Erdbewegung. Das berühmte Michelson-Experiment, das seither sehr oft und mit äußerster Präzision wiederholt wurde, bewies, daß es einen solchen Geschwindigkeitsunterschied der Lichtsignale nicht gibt, daß die Lichtgeschwindigkeit relativ zur Erde nach allen Richtungen die gleiche ist.[1] Für die Äthertheorie der Mechanisten war dieses Ergebnis eine Katastrophe.

Das Bedürfnis nach der Erfindung eines Mediums für die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen war so stark, daß sogar nach dem oben angeführten Beweis, daß der Äther weder ruht noch sich bewegt, immer wieder der Versuch unternommen wurde, durch zusätzliche Annahmen am Ätherbegriff festzuhalten. All diese Versuche verliefen negativ. Der Physiker ist berechtigt zu sagen, wenn sich ein Sachverhalt in keiner Weise im Experiment nachweisen läßt, so ist er etwas, das in dem Naturprozeß keine Wirkung hat. Der Äther *existiert nicht* und damit auch keine Bewegung gegen ihn. Das war der entscheidende Schluß, zu dem EINSTEIN kam und der den Weg zur Relativitätstheorie öffnete.

Verlangt die mechanistische bzw. präformistische Konzeption, daß man zusätzlich zu dem in den Chromosomen der Zygote feststellbaren Informationsgehalt noch eine „verborgene“ Information annehmen müsse, dann sollte uns das angeführte historische Beispiel dahin führen, diese Konzeption gründlich zu überprüfen.

Es ist nach den angeführten Überlegungen wahrscheinlich, daß ein verborgener, dem experimentellen Zugriff nicht zugänglicher Informationsgehalt, der die Kluft zwischen den beiden angeführten schließen könnte, *nicht existiert*. Dagegen ist die Hypothese wahrscheinlicher, daß während der Ontogenese eine Informationsvermehrung stattfindet.

Es geht also um die Frage des Anwachsens der Information beim Übergang von der embryonalen Zelle zum vielzelligen Organismus. Dieses Problem wurde in seinen Konsequenzen für das Verständnis der Lebensprozesse und in seiner weltanschaulichen Bedeutung in dieser Form erstmalig von W. ELSASSER diskutiert.

W. ELSASSER geht davon aus, daß der Informationsgehalt der Embryonalzellen bedeutend geringer ist als im erwachsenen vielzelligen Organismus. „Keine mögliche Meßreihe, an einer embryonalen Zelle durchgeführt, kann den vollen Informationsumfang der Art aufdekken.“ W. ELSASSER entwickelt die sogenannte epigenetische Konzeption, die auf die Existenz von Gesetz-[85]mäßigkeiten gegründet ist, die die Zunahme des Informationsgehaltes beim Wachstum des Embryos bestimmen.

Nach ELSASSER haben diese Gesetzmäßigkeiten nichts entsprechendes in der Physik und trügen daher spezifischen „biotonischen“ Charakter. Das biotonische Verhalten ist durch physikalische Nichtvoraussagbarkeit charakterisiert.

Mit diesen Auffassungen hat sich u. a. der sowjetische Biophysiker WOLKENSTEIN auseinandergesetzt (**186b**).

WOLKENSTEIN lehnt zu Recht die hier vertretene Konzeption der verallgemeinerten Komplementarität und die damit verbundene Trennung von Physik und Biologie ab. Unter Bezug

[1] Bei der Interpretation des Michelson-Experimentes muß auch noch die Geschwindigkeit der Erdoberfläche infolge der Erdrotation berücksichtigt werden (sie beträgt am Äquator etwa 0,5 km/s) sowie die (unbekannte) Eigengeschwindigkeit der Sonne. Zufällig könnten sich diese Geschwindigkeiten zeitweilig gerade kompensieren, dann müßte aber ein halbes Jahr später die Geschwindigkeit der Erde gegen den Äther die Größenordnung von 60 km/s haben und durch das Experiment nachweisbar sein.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

auf die Argumente von RAVEN macht er deutlich, daß es hinsichtlich der genetischen Information nur eine Erhöhung der Redundanz geben kann. RAVEN hebt in seiner Kritik an ELSASSER hervor, daß die Beständigkeit der in den materiellen Strukturen der Embryonalzelle gespeicherten Informationen nicht unterschätzt werden darf und die quantitative Schätzung der Informationen im befruchteten Ei, die der Ausgangspunkt der Überlegungen von ELSASSER ist, nicht richtig sei. Es läßt sich zeigen, daß in der Entwicklung des vielzelligen Organismus nicht die spezifische Information der Erbstruktur wächst, sondern der Überschuß an Information (Redundanz).

Dies ist sicher richtig, wenn man nur die genetische Information im Auge hat.

Ist damit aber das Problem der Informationsvermehrung in der Ontogenese überhaupt zu verwerfen? Ist nicht auch noch andere als allein die genetische Information zu berücksichtigen?

Hier soll die Meinung vertreten werden, daß es in der ontogenetischen Entwicklung eine Bereicherung der Information gibt, diese weitere Information jedoch in Art und Funktion von der genetischen verschieden sein muß. Dies wurde gegenüber ELSASSER deutlich gemacht, der in der Tat unklar gelassen hat, daß, wenn von Informationsvermehrung in der Ontogenese gesprochen wird, nicht genetische Information gemeint ist.

Wie im zweiten Teil der Arbeit noch eingehender besprochen werden soll, ist die Ontogenese nicht vollständig präformiert. Es treten Entscheidungssituationen im probabilistischen Sinne auf, die ihren Ausdruck in der Vielzahl individueller Unterschiede finden. So wird weiterhin deutlich, daß man das Individuum nicht erfassen kann, wenn man allein auf die DNS zurückgeht.

Sowohl objektive Probabilistik als auch subjektive Zufälligkeit führt zu individuellen Unterschieden, so daß die Informationsmenge größer ist als die in der makromolekularen Struktur der DNS. Zu dieser Feststellung kann man jedoch nicht kommen, indem man nur, wie z. B. QUASTLER und im Anschluß an ihn ELSASSER u. a., den Informationsgehalt der embryonalen Zelle abschätzt und ihn einer Abschätzung des Informationsgehaltes im erwachsenen vielzelligen Organismus gegenüberstellt.

[86] Es soll daher folgende, gemeinsam mit K. GÜNTHER (**41b**) erarbeitete Feststellung getroffen werden:

Die Kompliziertheit einer Struktur in Gegenüberstellung zu einer Struktur, die ontologisch mit der ersten zusammenhängt, ist nicht schlechthin durch den Begriff der Information meßbar. Ein solcher Schluß ist zu kurz.

Wenn diese Entwicklung durch Gesetzmäßigkeiten bestimmt wird, die allein die Kategorie der Notwendigkeit enthalten, inhärente Gesetze, die für diese Strukturen eindeutig gelten, dann hat es keinen Sinn, von Informationsgewinn zu sprechen. Wenn jedoch in diesem Entwicklungsprozeß verschiedene objektive Möglichkeiten im Sinne von Alternativen vorkommen, die durch den probabilistischen Charakter der inhärenten Gesetzmäßigkeit bedingt sind, so ist es berechtigt, immer, wenn eine der Möglichkeiten zufällig realisiert wurde, von denen eine andere ebenso real existiert, von einem Informationsgewinn zu sprechen.

In der Ontogenese geht es sicher nicht um die Entstehung biologisch bedeutsamer Informationen überhaupt, auch nicht um die grundsätzliche Veränderung bestehender Bedeutungen (und damit um den Zufall als eigentlicher Triebfeder), sondern um eine Ergänzung einer mehrdeutigen Botschaft. Vor allem aber stellt die phylogenetische Entwicklung einen schöpferischen Prozeß dar und nicht nur eine Entfaltung aus einer vorgegebenen Struktur.

Die Biosphäre ist nicht in all ihren Formen physikalisch deduzierbar, daher tritt das jetzt Faktische als nur eines auf früherer Stufe noch Möglichen gleichberechtigt zu den physikalischen Grundgesetzen hinzu.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Diese Feststellungen stehen, wie in Abschnitt 2.1.2. gezeigt wurde, in einem engen Zusammenhang mit unseren Überlegungen zum Verhältnis des physikalischen und biologischen Begriffssystems.

Es läßt sich folgende Hypothese formulieren:

Die Aussage: „Es liegt eine vollständige und mechanische Informationsspeicherung vor“ sowie die Aussage: „Es besteht ein Isomorphismus zwischen den physikalischen Größen, die die Zustände des Systems zu verschiedenen Zeitpunkten beschreiben, d. h., es liegt Kontinuität der Information vor“, entspricht der Aussage, „es sei eine vollständige Beschreibung des Systems mit rein physikalisch-chemischen Begriffen möglich“. Umgekehrt würde dann die Aussage, daß keine vollständige und mechanische Informationsspeicherung vorliegt und keine reine Informationstransformation, sondern Prozesse mit Informationsvermehrung auftreten, der Aussage entsprechen, daß man mit dem „reinen“, nicht modifizierten Begriffssystem der Physik und Chemie allein die Lebensprozesse nicht vollständig erklären kann.

### 2.2.2. Das Problem der morphologischen Stabilität des lebenden Organismus und das Prinzip der Korrespondenz

Als Antwort auf die Frage, ob die biologischen Erscheinungen sich vollständig durch die bekannten Gesetze der Physik und Chemie erklären lassen, finden wir bei HEISENBERG folgende Bemerkung: „Ähnlich wie früher in der [87] Chemie lernt man aus den einfachsten biologischen Erfahrungen, daß die lebendigen Organismen einen Grad von Stabilität zeigen, den allgemeine komplizierte Strukturen, die aus vielen verschiedenen Molekülen zusammengesetzt sind, sicherlich nicht einfach auf Grund der physikalischen und chemischen Gesetze besitzen könnten. Deshalb muß den physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten etwas hinzugefügt werden, bevor man die biologischen Erscheinungen vollständig verstehen kann.“ (**50**, S. 81.)

In der Tat: Folgten wir allein dem Prinzip des Automatisierungstechnikers, demzufolge eine enge Korrelation zwischen der chemischen und physikalischen Stabilität des Speichermaterials und der Stabilität der gespeicherten Information besteht, blieben wahrscheinlich eine Reihe von Problemen ungeklärt. Obwohl die Tatsache des biologischen „Langzeitgedächtnisses‘, der Erhaltung der Nutzinformation über längere Zeit, der morphologischen Stabilität des erwachsenen Organismus evident ist, wäre sie von der genannten Voraussetzung her nicht voll verständlich. Es liegt hier eine ähnliche Situation vor wie seinerzeit in der Chemie, als man feststellte, daß chemische Elemente in ihrem Verhalten einen Grad von Stabilität aufweisen, der mechanischen Systemen vollkommen fehlt. Die Stabilität und Gleichartigkeit der Atome des gleichen Elements waren evident, und doch widersprachen die Schlußfolgerungen aus den Prinzipien der klassischen Physik diesen offensichtlichen Tatsachen, wenn man diese auf das Atommodell anwandte. Nach dem Atommodell von RUTHERFORD bestehen die Atome aus schweren, positiv elektrischen Kernen und einer Hülle negativ elektrischer Elektronen, die unter dem Einfluß der elektrischen Anziehung um den Kern kreisen.

Es war BOHR, der erkannte, daß nach den Gesetzmäßigkeiten der klassischen Physik das Atom nicht über längere Zeit stabil, d. h. existenzfähig sein kann; denn die Elektronen müßten unter ständiger Lichtausstrahlung nach kurzer Zeit in den Kern stürzen. BOHR ging nun davon aus, daß zwar das experimentell begründete Modell beibehalten werden muß, daß aber auch die Erkenntnisse der Chemie nicht übersehen werden dürfen. Sein entscheidender Schluß war, daß demnach die Gesetze der klassischen Elektrodynamik auf Atome unanwendbar sind, weil unter ihrer Voraussetzung das Modell nicht für längere Zeit stabil erscheint.

„Damit war“, wie VON WEIZSÄCKER hervorhebt, „eine neue Ebene des physikalischen Denkens erreicht: nicht neue Modelle, sondern neue Naturgesetze mußten gefunden werden.“ (**181**, S. 252.) Diesem Denken, das die einander widersprechenden Tatsachen erfaßte und in

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

der Lage war, sie auf höherer Ebene zu einer widerspruchsvollen Einheit zu verbinden, lag das Korrespondenzprinzip zugrunde.

Für unsere Problematik, die Stabilität biologischer Strukturen, die Erhaltung von Informationen bei „biologischem Langzeitgedächtnis“, ließe sich, wie ELSASSER (**31**, S. 170) vermerkt, ebenfalls eine Art biologisches Korrespondenzprinzip erwarten. Doch ist zu berücksichtigen, daß das Verhältnis der physikalischen zur biologischen Theorie von grundsätzlich anderer [88] Art ist. Wie wiederholt hervorgehoben, werden im Lebenden die wirksamen Gesetze der Physik oder Chemie niemals falsch, noch werden sie nie irgendwie durchbrochen. Hier liegt ein entscheidender Unterschied zur Situation in der Physik, wie sie BOHR vorfand. Jedoch gibt uns die Analogie den methodischen Hinweis auf die Existenz spezifisch biologischer Gesetzmäßigkeiten. „Biologisches Langzeitgedächtnis“, Stabilität biologischer Strukturen, sind evident. Unser Erinnerungsvermögen reicht zurück bis in die frühe Kindheit. Eine Immunisierung hält ebenfalls viele Jahre vor. Das Gesicht des Freundes erkennt man noch nach vielen Jahren wieder. Dies zeigt deutlich die morphologische Stabilität des erwachsenen Organismus sowie die Fähigkeit zu „biologischem Langzeitgedächtnis“. Doch chemisch und physikalisch stabiles Speichermaterial, absolut starre Strukturen, in denen nach den Vorstellungen des Automatisierungstechnikers die gespeicherte Information gewissermaßen „einfriert“, damit sie zeitlich unverändert bleiben kann, finden wir im lebenden Organismus nicht. Der außerordentlich dynamische Zustand der Eiweißkörper und anderer Makromoleküle macht dies offensichtlich.

Auch die Hypothese einer eventuellen Rückinformation auf die stabileren Strukturen der RNS ist kein prinzipieller Ausweg. Die Stabilität der DNS steht außer Frage, aber auch sie ist keine absolut starre Struktur (vgl. 279 f.).

Es besteht ein Netzwerk mit dynamisch bedingter Stabilität und Plastizität. Die Reaktionen vollziehen sich über eine Vielzahl einzelner, meist reversibler Schritte, ein System, das für das Entstehen chemisch stabiler Strukturen äußerst ungeeignet erscheinen muß. Hier ist ein Hinweis dafür, daß – um es vorläufig mit den Worten HEISENBERGS zu sagen – „den physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten etwas hinzugefügt werden (muß), bevor man die biologischen Erscheinungen vollständig verstehen kann“ (**50**, S. 81). Damit ist zunächst eine deutliche Antwort auf die Frage gegeben, ob man biologische Formen des Verhaltens durch Erkenntnisse an Automaten vollständig, nur teilweise oder gar nicht verstehen kann. Es wird deutlich darauf hingewiesen, daß wir in der Tat echt biologische Elemente, die nur auf der Grundlage biologischer Gesetzmäßigkeiten verständlich sind, zu berücksichtigen haben. Der Ausdruck, den physikalischen Gesetzmäßigkeiten müsse noch etwas „hinzugefügt werden“, ist jedoch unglücklich, denn er setzt die Auffassung voraus, man könne biologisches Geschehen ohne Modifikation des Begriffes des „reinen“ physiko-chemischen Prozesses oder des Begriffes des „reinen“ Automaten erklären, und es brauche dann nur noch irgend etwas hinzugefügt zu werden, irgendein sogenannter „rein“ biologischer Prozeß, eine sogenannte „reine“ Form biologischen Verhaltens. Von da aus ist es nur noch ein Schritt zum Vitalismus. Wir müssen das Begriffssystem der Physik und Chemie sowie der Automatisierungstechnik bis zur äußersten Grenze benutzen, und zwar so lange, bis uns die Untersuchungen zeigen, daß die Fragestellung erweitert, modifiziert werden muß. Hier ist die wesentliche methodische Parallele zur Entwicklung in der Quantenphysik gegeben. Man erkannte hier zunächst, unter welchen Bedingungen klassische Begriffe ihre Gültigkeit haben (Korrespondenzprinzip), und später, wie die [89] gewöhnlichen Begriffe unserer Erfahrungswelt, z. B. Ort und Impuls, modifiziert werden müssen. So sind die Begriffe Struktur, Ganzheit, Komplexität für das lebende System wichtig, aber nicht als etwas Zusätzliches, sondern als etwas, das den reinen physiko-chemischen Prozeß modifiziert, ähnlich wie die Begriffe Welle und Korpuskel einander und beide zusammen die Begriffe Ort und Impuls modifizieren.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Das Korrespondenzprinzip setzt das quantenmechanische Verhalten zur klassischen Dynamik in Beziehung. Unsere Überlegungen zeigten, daß die Erhaltung der Information zu Lebzeiten des Organismus durch das Begriffssystem der Automatisierungstechnik nicht adäquat beschrieben werden kann.

Dies weist darauf hin, daß hier wesentlich biologische Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen, gegenüber denen sich allerdings die Prinzipien der Automatisierungstechnik als eine äußerst fruchtbare Approximation erweisen. Wenn hier eine Art biologisches Korrespondenzprinzip angenommen wird, so liegt dessen Wert in folgendem: Es macht deutlich, daß die experimentelle Untersuchung biologischer Formen des Verhaltens nicht von der Untersuchung der Automatismen bzw. Mechanismen getrennt werden kann. Ein solches Korrespondenzprinzip zeigt auch, warum die Anwendung der Begriffe und Denkmethoden der Regelungs- bzw. Automatisierungstechnik auf biologische Erscheinungen außerordentlich fruchtbar sein muß.

Es gibt triftige Gründe für die Annahme, daß sehr vieles von dem, was ein Organismus tut, von genügend komplexen Automaten simuliert werden kann. So ist es völlig gerechtfertigt, wenn die Physiologie mit Verfahren und Denkmethoden der Automatisierungstechnik an das Lebende herantritt. Die methodologische Übernahme des Korrespondenzprinzips wird uns immer daran erinnern, daß die Begriffe des „reinen“ Automaten wie auch des „reinen“ physikalisch-chemischen Prozesses modifiziert werden müssen, mögen die Abweichungen auch oft nur gradueller Natur sein. Wie die Quantenphysik mit dem beginnt, was sie klassisches Modell nennt, so werden auch wir beim Studium der biologischen Formen des Verhaltens nicht weiterkommen, wenn nicht zuerst die Approximation mit dem Begriffssystem der Automatisierungstechnik, der Automatentheorie bzw. der Physik und Chemie vollzogen ist; von dort aus können wir dann tiefer in den biologischen Bereich eindringen, und, wie wir sahen, müssen wir dann wahrscheinlich auch noch weiter vordringen.

Zusammenfassend seien hierzu folgende Thesen formuliert:

1. Lebewesen und Automat stehen in dem dialektischen Verhältnis von Einheit und Unterschied, methodisch vergleichbar mit Quantenphysik und klassischer Mechanik. In der Aufdeckung des Spannungsverhältnisses zwischen Quantenmechanik und klassischer Mechanik besteht das philosophisch Bedeutsamste am BOHRschen Korrespondenzprinzip.

2. Wenn in der Physik neue Gesetze entdeckt werden, sind die alten vom Gesichtspunkt der neuen an bestimmten Punkten falsch bzw. unvollständig. Das Verhältnis der biologischen Theorie zur Theorie der Auto-[90]maten bzw. zur „rein“ physikalischen Theorie ist, wie schon gesagt, von völlig anderer Art. Die Gesetze der Physik werden im Lebenden nicht falsch. Nach dem Gesagten ist es jedoch m. E. berechtigt, die These zu formulieren: Das Korrespondenzprinzip als Ausdruck des Spannungsverhältnisses zwischen Quantenmechanik und klassischer Mechanik erweist sich als von allgemeiner wissenschaftlich-methodologischer Bedeutung für die Beziehungen zwischen angrenzenden Theorien.

3. Die Anwendung dieses methodologischen Prinzips auf das Verhältnis der biologischen Theorie zur Theorie der Automaten macht folgendes deutlich: So wie im Korrespondenzprinzip die Quantenphysik als tiefer, weiter, allgemeiner, aber auch konkreter als die klassische Mechanik verstanden wird, haben wir die biologischen Gesetzmäßigkeiten als tiefer, weiter und zugleich als konkreter aufzufassen als die Gesetze und Denkmethoden der Automatisierungstechnik in Anwendung auf das Lebensgeschehen.

#### 2.2.3. Der Strukturbegriff und der Begriff des hochkomplexen Systems

Der Begriff der Struktur findet in zunehmendem Maße Anwendung in den verschiedensten einzelwissenschaftlichen Disziplinen. Dies ist Ausdruck einer objektiven Tendenz in den modernen Wissenschaften. Zunächst hatte man versucht, das Lebende als Ganzes in seiner

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Totalität zu erfassen. Dann begann man zu zergliedern, man versuchte vorzudringen zu jenen Elementen, die die einfachsten Bausteine zu sein schienen. Diese Methoden, angewendet auf Lebewesen, haben dazu geführt, daß die Analyse immer tiefer in die unendliche Mannigfaltigkeit chemischer und physikalischer Elementarprozesse eingedrungen ist und weiter in dieser Richtung fortschreitet. Es werden außerordentlich komplizierte Apparaturen benötigt, um kleinste Mengen an Stoff und Energie zu beobachten. Zunächst suchte der Biologe dem Vorbild des klassischen Physikers folgend nach einem bestimmten definierten Element, nach einer bestimmten morphologischen Einheit oder einem biochemischen Prozeß, die entsprechend der damaligen Vorstellung vom Atom ebenfalls starre, stabile, für sich genau abgrenzbare Grundbausteine darstellen sollten. Dann tauchte jedoch die Frage auf, ob nicht die Analyse eines Systems bis auf Elemente und elementare Prozesse eine wesentliche Eigenschaft des Systems unberücksichtigt ließe. Denn die Elemente verbinden sich mit weiteren Elementen zu höheren Komplexen. Man fragte, ob sich nicht die durch die Analyse aus dem allgemeinen Zusammenhang des Ganzen isolierten Elemente dabei wesentlich veränderten. Mit dieser Fragestellung wurde eine neue Betrachtungsweise eingeleitet.

Es gilt also, nicht mehr allein das einzelne Element zu studieren, sondern vor allem auch die Wirkungen der Elemente aufeinander. Es gilt nicht allein, die Eigenschaften einzelner Prozesse, sondern die von Ganzheiten zu untersuchen. Gerade auf Grund dieser Erkenntnis wird der Begriff der Struktur [91] in den verschiedenen Zweigen der modernen Wissenschaft besonders heute so wichtig. Das ist die Linie der Wissenschaftsentwicklung, die zur Herausbildung der Kybernetik führte. Diese beschäftigt sich mit den funktionellen Verhaltensweisen informationeller Strukturen.

Struktur ist ein relativ konstantes Beziehungsnetz von Elementen oder von elementaren Prozessen. *Struktur* ist die Aufteilung des Systems in miteinander verbundene Teilsysteme, die Gesamtheit der relativ konstanten Beziehungen zwischen den Teilen eines Ganzen. In allen Bereichen der Wirklichkeit, wo sich Elemente zu einem relativ konstanten Ganzen zusammenschließen, treten Strukturen auf. Die Teilbereiche der Wirklichkeit, in denen man Strukturen aufdeckt und untersucht, nennen wir Systeme. *Systeme* sind bewußt abgegrenzte, strukturierte Teilbereiche der Wirklichkeit mit ihren als wesentlich ausgezeichneten Beziehungen zur Umwelt. Der Systemaspekt der Kybernetik ist, wie vor allem KLAUS (**76**) wiederholt hervorgehoben hat, ihr entscheidender und grundlegender Aspekt.

Es ist nicht möglich, die gesamte Wirklichkeit auf einmal zu erkennen, daher gliedert der Mensch bestimmte Teile der Wirklichkeit mit einigen ihrer Beziehungen, die sie mit der übrigen Wirklichkeit verbinden, bewußt aus dem universellen Zusammenhang heraus. Jede Wissenschaft untersucht abgegrenzte Objekte, die unter idealisierten Versuchsbedingungen und vom Versuchsleiter kontrollierbaren Einwirkungen bestimmte Verhaltensweisen erwarten lassen.

Die verschiedenen Teile der Wirklichkeit stehen mehr oder weniger stark miteinander in Beziehung. Der ausgewählte Teil der Wirklichkeit ist eingeordnet in eine Reihe übergeordneter Systeme, die ihrerseits wieder Untersysteme noch umfassenderer Systeme sind. Der lebende Organismus z. B. kann aufgefaßt werden als eine solche Stufenfolge von Systemen. Die Zelle ist ein System in bezug auf die Zellorganellen und selbst ein Teilsystem bzw. Element in bezug auf das übergeordnete System des Gesamtorganismus. Betrachten wir den Wirtschaftsorganismus, so bilden die einzelnen Betriebe die Elemente des Gesamtsystems. Sie selbst sind wiederum System gegenüber den einzelnen Produktionsabteilungen des Betriebes. Danach ist offensichtlich, daß die Bestimmung eines Teils der Wirklichkeit als System relativ ist.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

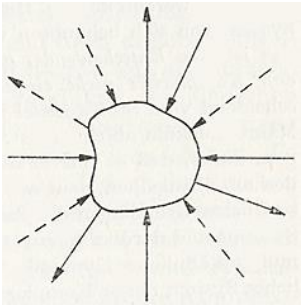


Abb. 5. Das konkrete System mit wesentlichen und unwesentlichen Einfluß- und Reaktionsgrößen.

[92] Die objektive Realität kann aufgefaßt werden als eine unendliche Anordnung miteinander in mannigfaltiger Weise in Beziehung stehender materieller Systeme, ein Gefüge von Systemen, wobei jedes System von einem jeweils größeren umfaßt wird. Gerade das bedeutet, daß jedes System eine Umwelt hat, mit der es in Beziehung steht (Abb. 5). Diese Beziehungen des Systems zu seiner Umwelt bestimmen seine *äußere Verhaltensweise*. Wir definieren einen bestimmten abgegrenzten Teilbereich der Wirklichkeit als System, wenn er miteinander in Beziehung stehende Teile umfaßt (Struktur hat) und ein relativ geschlossenes Ganzes bildet. Für ein System ist es charakteristisch, daß gewöhnlich die Beziehungen seiner Bestandteile zueinander enger sind als zu Elementen, die außerhalb des Systems in anderen Systemen existieren. Die Beziehungen seiner Teile zueinander bestimmen die *innere Verhaltensweise* des Systems. Äußere und innere Verhaltensweise stehen in enger Beziehung zueinander. Die Zuordnung wird jedoch kaum umkehrbar eindeutig sein.

In diesem Sinne sind auch die Ausführungen KOLMOGOROWS (**81**) in seinem Vortrag „Leben und Denken unter kybernetischem Aspekt“ zu verstehen, in dem er den Standpunkt vertreten hat, „daß die Möglichkeit der Modellierung beliebig komplizierter materieller Systeme auf der Grundlage der modernen Rechentechnik durch nichts begrenzt wird“. KOLMOGOROW (**81**) fordert, daß die Definition des Lebens und des Denkens von willkürlichen Voraussetzungen über die spezielle stoffliche Natur der ihnen zugrunde liegenden physischen Prozesse befreit werden müßte. Er kommt zu dem Schluß, daß die Modellierung der Organisation eines materiellen Systems nur darin bestehen könne, aus anderen materiellen Elementen ein neues System zu schaffen, das im wesentlichen die Organisation des zu modellierenden Systems besitzt. Daher müsse auch ein ausreichend vollständiges Modell eines Lebewesens von Rechts wegen als Lebewesen und das Modell eines denkenden Wesens als denkendes Wesen bezeichnet werden. OPARIN hat, wie aus dem Konferenzbericht ersichtlich (**81**), gegen diese Auffassung scharf Stellung genommen und KOLMOGOROW des Mechanizismus bezichtigt, dies wurde von KOLMOGOROW mit der gegenteiligen Anschuldigung des Vitalismus zurückgewiesen. Dem Bericht zufolge schloß die Konferenz mit dem Ergebnis, daß noch keine klaren Kriterien für die Unterscheidung zwischen Automat und dem lebenden Organismus existieren. Im Lichte dieser Auseinandersetzung wird die Schwierigkeit unserer Thematik nochmals deutlich. Ich möchte an dieser Stelle nur sagen, daß ich KOLMOGOROW durchaus zustimmen kann, und zwar mit den Worten von STEINBUCH: „Es wäre für unsere Überlegungen von unschätzbarem Wert, wenn ein physikalisches System von der Komplexität und Struktur des menschlichen Nervensystems aufgebaut werden könnte. Bis zum Beweis des Gegenteils ist zu vermuten, daß ein solches System von sich behaupten würde, es habe ein Bewußtsein.“ (**161**, S. 114.) Aber, und das ist das *Entscheidende*, gerade aus dem Grunde bemühen wir uns nachzuweisen, *daß Komplexität nicht einfach additiv zu behandeln ist* und hohe Komplexität entscheidend vom Stoffwechsel und von den Eigenschaften der Eiweißkörper und anderer Makromoleküle abhängig ist. Damit machen wir keine stofflichen Voraussetzungen in dem Sinne, daß es nur Eiweißkörper sein könnten. Eine solche Vorstellung ist schon deshalb abzulehnen, weil auf anderen Planeten durchaus Lebewesen mit einer anderen stofflichen Grundlage denkbar sind. Entscheidend für das Problem der Komplexität des Systems und darüber hinaus seiner gesamten Organisation ist aber, daß es ein Stoff sein muß mit ähnlicher Dynamik, Variabilität und Spezifität wie die Eiweißkörper. Ein künstliches System dieser Komplexität, das alle wesentlichen Verhaltensweisen eines lebenden [93] oder denkenden Systems simulieren könnte, wäre daher m. E. kein rein physikalisches System mehr, sondern ein künstliches lebendes System, in dem eine zusätzliche Determination durch biologische Gesetzmäßigkeiten zur Geltung kommt.

Systeme können nach den verschiedensten Gesichtspunkten voneinander unterschieden werden. Ein brauchbares Kriterium zur Klassifikation von Systemen kann der Grad ihrer Komplexität sein.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Dieses Kriterium führt zu einer Einteilung der Systeme in: 1. einfache Systeme, 2. komplexe Systeme und 3. hochkomplexe Systeme.

Spricht man von der Komplexität eines Systems, so werden dabei vor allem zwei Aspekte hervorgehoben:

Ein komplexes System muß 1. eine Vielzahl unterscheidbarer Elemente, also eine detaillierte Struktur besitzen.

Ein komplexes System muß 2. eine Mannigfaltigkeit an Beziehungen zwischen den Elementen der Struktur aufweisen.

Beide Aspekte müssen erfüllt sein, wenn man von Komplexität spricht. Sehr viele voneinander unterscheidbare Teile und damit ein hoher Informationsgehalt sind zwar eine notwendige, jedoch allein noch nicht zureichende Bedingung dafür, daß man ein System als komplex bezeichnet. Damit ein System komplex ist, bedarf es außerdem einer Vielzahl von Wechselbeziehungen zwischen den Strukturelementen.

Doch beschränkt man sich oftmals auf die Betrachtung des 1. Aspektes. Er läßt sich quantitativ messen durch den „Informationsgehalt“, d. h. die theoretisch untere Grenze der im Mittel zur eindeutigen Codierung notwendigen Zeichenmenge.

Unterscheiden wir die Systeme hinsichtlich ihrer Komplexität, so ergeben unsere bisherigen Überlegungen (im vorangegangenen Abschnitt), daß am Anfang der Skala die gewöhnlichen Systeme der Physik und Chemie stehen, am Ende die lebenden Organismen mit ihrer großen Strukturfülle und ihrem Reichtum an Beziehungen zwischen den Strukturelementen, der Integration aller Strukturebenen vom Makroskopischen bis hin zum Molekularen.

Dieser Tatbestand gestattet es, den lebenden Organismus als hochkomplexes System zu bezeichnen. Die beiden Kennzeichen der Komplexität treffen hier in allerhöchstem Maße zu.

Wo haben wir nun die technischen Automaten einzuordnen? Technische Systeme stellen eine Zwischenstufe dar. Als Vergegenständlichung menschlicher Wesenskräfte weisen technische Automaten und auch andere komplizierte technische Systeme einen höheren Komplexitätsgrad auf als einfache Systeme der unbelebten Natur, die keine Arbeitsprodukte des Menschen sind. Hier ist es dem Ingenieur gelungen, bestimmte Funktionsprinzipien zu verwirklichen, so daß diese Systeme Verhaltensweisen zeigen können, die zuvor nur an Lebewesen beobachtet werden konnten. Jedoch besteht ein großer Unterschied im Grad der Komplexität zwischen technischen und lebenden Systemen. Es besteht eine große Kluft zwischen der relativen Homogenität der anorganischen Materie und der strukturellen und dynamischen Komplexität der lebenden Organismen. Vergleicht man die Komplexi-[94]tät der allereinfachsten lebenden Zelle mit der Komplexität eines hochdifferenzierten Organismus, so ist der Unterschied noch gering im Vergleich zu der großen Kluft, die das allereinfachste Lebewesen hinsichtlich seiner Komplexität von einer noch so komplizierten Rechenanlage trennt. Darauf hat insbesondere QUASTLER (**128**), der den Informationsgehalt verschiedenster lebender Systeme abgeschätzt hat, wiederholt hingewiesen. Auch STEINBUCH weist darauf hin, daß zwischen den Schaltungen der Elektronik und den Schaltungen des Nervennetzes riesige quantitative Unterschiede bestehen.

Das Nervensystem ist ein außerordentlich hochkompliziertes System, das etwa $10^{10}$ Neuronen enthält. Die Anzahl der Schaltelemente der technischen Geräte, auch derer, die in Zukunft noch gebaut werden, dürften, wie STEINBUCH ausdrücklich vermerkt, kaum die Zahl $10^5$ bis $10^6$ überschreiten. Er zieht den Schluß: „Die exakte Analyse eines solchen Netzes ist schlechterdings unmöglich“ und an anderer Stelle: „Offensichtlich machen also rein quantitative Ursachen ein Verständnis der menschlichen Denkvorgänge unmöglich.“ (**160**, S. 5 f.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Für STEINBUCH bedeutet der riesenhafte quantitative Unterschied in der Komplexität der Systeme keinen grundsätzlich qualitativen Unterschied. Er vermerkt nur eine Grenze für die Möglichkeit eines rein physikalischen Verständnisses. Sie besteht darin, daß ein äußerst komplexes System so kompliziert ist, daß es nicht mehr präzise und detailliert beschrieben werden kann.

Die vorangegangene Diskussion sollte der Vorbereitung der Hypothese dienen, die hier vertreten werden soll:

1. Die Komplexität eines Systems hängt ab von der Inhomogenität seiner Struktur und dem Reichtum der Beziehungen zwischen den Strukturelementen.

2. *Komplexität ist nicht additiv zu behandeln*. *Eine quantitative Zunahme der Komplexität eines Systems führt über qualitative Sprünge zu neuen Verhaltensweisen*. Dabei ist neben dem Aspekt der Komplexität das gesamte Niveau der Organisation, insbesondere die echte Dialektik von Teil und Ganzem, wie sie im lebenden System auftritt, zu beachten.

Diese Hypothese bilde die Grundlage zur Diskussion der Frage: inwieweit ist es möglich, mit Erkenntnissen, Begriffen und Vorstellungen, die an Automaten gewonnen werden, das Lebensgeschehen zu verstehen?

Die Frage, ob es möglich ist, ein perpetuum mobile zu bauen, kann die heutige Wissenschaft mit einem sicheren Nein beantworten.

Die Frage, ob es möglich ist, Menschen in den Weltraum zu schicken, kann heute mit einem sicheren Ja beantwortet werden. Auf die obengenannte Frage kann man jedoch heute noch sehr unterschiedliche Antworten erwarten:

1. Man kann das Lebensgeschehen, seine komplizierten Verhaltensweisen (durch Erkenntnisse an Automaten) nicht verstehen,

2. man kann sie vollständig (damit) verstehen und

3. man kann sie nur teilweise verstehen.

[95] Die Frage, ob es möglich sein wird, auch geistige Prozesse zu automatisieren, kann heute, wo durch die Einführung großer elektronischer Datenverarbeitungsanlagen die Leitungs- und Verwaltungsarbeit in starkem Maße rationalisiert wird, mit einem klaren Ja beantwortet werden. Auf die Frage jedoch, ob es einer Maschine möglich sein wird, schöpferische Denkprozesse zu vollziehen bzw. wieweit es möglich sein wird, mit Erkenntnissen, die an Automaten gewonnen werden, geistige Funktionen zu verstehen, wird die Antwort ebenso unterschiedlich sein.

Hier treten offensichtlich auf der Ebene des Verhaltens Fragestellungen auf, die dem ursprünglichen Mechanismus-Vitalismus-Streit analog sind. Welche der drei möglichen Antworten richtig ist, wird uns im folgenden beschäftigen. Die Beantwortung dieser Frage ist außerordentlich schwierig, da die Biologie heute noch weit davon entfernt ist, dieses Problem wirklich gelöst zu haben, ja man kann wohl sagen, daß sie sich das Problem noch nicht genügend klar gestellt hat.

Die Lage wird noch dadurch kompliziert, daß die Haltung, welche durch die 3. Antwort charakterisiert wird, eine unterschiedliche Begründung erfahren kann. Einmal kann die nur teilweise bzw. approximative Erkenntnis des Lebensgeschehens mit dem Begriffssystem der Automatisierungstechnik begründet werden durch die Annahme einer prinzipiellen Erkenntnisgrenze, die eine weitere detaillierte physikalische Beschreibung des Systems verhindert, zum anderen kann man diesen Standpunkt einnehmen, weil man der Auffassung ist, daß im lebenden Organismus nicht ausschließlich nur rein physikalisch-chemische Gesetze gelten, sondern noch eine weitere Determination durch biologische Gesetze zu berücksichtigen ist.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Zusammenfassend können folgende Thesen für die weitere Diskussion formuliert werden:

1. Die Qualität Leben liegt in der spezifischen Ordnung und Organisation des physikalisch-chemischen Geschehens durch genetische und enzymatische Steuerung bzw. Regulation des Stoff- und Energiewechsels, in der Verbundenheit der Regulation mit der molekularen Struktur der Zelle und der Erhaltung dieser Struktur durch die Regulation sowie in den Prozessen der Informationsvermehrung.

Beziehen sich diese Gesichtspunkte auch nur auf die individuelle Zelle, so ist doch die vorgenommene Begrenzung insofern berechtigt, als schon die einzelne Zelle alle wesentlichen Merkmale des Lebens in erstaunlicher Klarheit zeigt.

2. Ein fundamentaler Unterschied zwischen einem nichtlebenden System und dem lebenden Organismus ist darin zu sehen:

Ein nichtlebendes System weist sehr bestimmte makroskopische Strukturen auf, deren chemische Zusammensetzung in gleicher Weise sehr bestimmt ist. Seine molekulare Gestaltung ist recht beständig. Einzelne molekulare Veränderungen gleichen sich gegenseitig aus. Veränderungen vollziehen sich im wesentlichsten im Makroskopischen. [96]

3. In lebenden Systemen besitzt die molekulare Gestaltung auf Grund des gesteuerten und regulierten Stoffwechsels einen sehr hohen Organisationsgrad. Eine Vielzahl wechselseitiger Abhängigkeiten hat zur Folge, daß die molekularen Veränderungen im Gesamtverhalten des Systems zur Geltung kommen und damit neue Eigentümlichkeiten im makroskopischen Verhalten hervorrufen. Einzelne molekulare Veränderungen werden nicht im statistischen Mittel ausgeglichen. Ihre Wirkung breitet sich unter Umständen im Laufe der Zeit auf alle Ebenen der Organisation des lebenden Systems aus. Es besteht also eine enge Kopplung zwischen den chemischen Prozessen auf höherem Organisationsniveau und der Vielfalt der mikroskopischen Konfigurationen der organischen Makromoleküle. Das macht das lebende System zu einem hochkomplexen System.

4. Der lebende Organismus ist ein hochkomplexes System. Hohe Komplexität verlangt ein Höchstmaß an Strukturfeinheit, Differenziertheit, Verschiedenheit der einzelnen Teile (Inhomogenität) und an Vielfalt der Wechselbeziehungen der Teile des Systems (Integration). Diese Bedingungen hoher Komplexität werden u. a. durch den Stoffwechsel sowie durch die außerordentliche Spezifität, Variabilität und Vielfalt der Eiweißkörper gewährleistet.

5. Wir können Unterschiede im Grad der Komplexität zwischen den gewöhnlichen anorganischen Systemen der Physik und Chemie, den komplizierten Rechenautomaten und den Lebewesen feststellen. Die einfachste Bakterienzelle ist um vieles komplexer als das komplizierteste technisch-kybernetische System.

Komplexität ist nicht additiv zu behandeln. Eine quantitative Zunahme der Komplexität eines Systems führt über qualitative Umschläge zu qualitativ neuen Verhaltensweisen.

6. Es besteht keine feste Grenze zwischen lebender und nichtlebender Materie. Biologische Formen des Verhaltens lassen sich jedoch nicht vollständig auf Verhaltensweisen komplizierter technisch-kybernetischer Systeme reduzieren.

7. Lebewesen und Automat stehen zueinander in einem dialektischen Verhältnis von Einheit und Unterschied. Biologische Gesetzmäßigkeiten sind tiefer, weiter und damit zugleich konkreter als die Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Regelungs- bzw. Automatisierungstechnik in Anwendung auf das Lebensgeschehen. Bei einer Reduktion der Differenziertheit und der Wechselbeziehungen, der Beschränkung auf eine hinreichend grobe Struktur, lassen sich biologische Formen des Verhaltens durch Verhaltensweisen komplizierter technisch-kybernetischer Systeme beschreiben. Die Erforschung biologischer Formen des Verhaltens

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sollte daher in enger Korrespondenz mit der Erforschung der Verhaltensweisen komplizierter Automaten geschehen, weil die Automatisierungstechnik begrenzt gültige Verhaltensmodelle für biologische Erscheinungen liefert. [97]

### 2.3. Die Bedeutung der Kybernetik für die Biophysik und für das psychophysische Problem

Die physikalische und physikalisch-chemische Analyse elementarer biologischer Strukturen und Vorgänge – die Biophysik (BEIER, **11**) – erwies sich als außerordentlich fruchtbar für die Erforschung der für die Molekularbiologie wichtigen elementaren Strukturen und Vorgänge. Außerdem hat es sich als möglich erwiesen, kompliziertere Gehirnfunktionen, höhere geistige Funktionen, mit Methoden der Biophysik zu erforschen. Die Möglichkeit der Darstellung psychologischer Prozesse in lernenden Automaten (STEINBUCH, **160**) und in anderen nachrichtentechnischen Modellen (KLIX, **80**) brachte der Biophysik neue experimentelle Möglichkeiten und neue theoretische Konzeptionen.

Immer stärker wendet sich die biophysikalische Forschung dem Studium der Gehirnfunktionen zu. Notwendigerweise wirft sie dabei auch solche Fragen wie das Problem der Seele und des Körpers, des Bewußtseins und der Materie, des Psychischen und des Physischen auf. Es werden damit alte philosophische Fragestellungen berührt, z. T. gelöst oder in neuer Form gestellt. Auch gänzlich neue Fragen tauchten in der philosophischen Diskussion auf.

Die Kybernetik bringt neue Aspekte in das jahrhundertelang heißumstrittene Leib-Seele-Problem und gibt viele Anregungen zu seiner Lösung. Bekanntlich gibt es über das psychophysische Problem die unterschiedlichsten Auffassungen. Die eine Richtung wollte das Problem lösen, indem sie die Existenz des Bewußtseins, seine spezifische Qualität, leugnete; Bewußtsein sei eine Fiktion. Der Mechanizismus reduzierte alle psychischen Erscheinungen auf physiologische, physikalisch-chemische oder mechanische. Im Gegensatz dazu behauptet der Idealismus, die Materie sei eine Fiktion, eine Projektion des Geistes. Nach idealistischer Darstellung sind alle Erscheinungen, also auch die physiologischen, eigentlich nur psychische Erscheinungen, entweder existieren sie nur als Bewußtseinstatsachen (subjektiver Idealismus) oder als Ausdruck einer geistigen Substanz, die sie hervorbringt und beherrscht (objektiver Idealismus). Der Dualismus trennt Physisches und Psychisches voneinander. DESCARTES verstand sie als zwei voneinander völlig unabhängige Substanzen (*res extensa* und *res cogitans*). Der Körper, das Physische, sei beharrend und undurchdringlich: eine ausgedehnte Substanz. Die Seele dagegen sei durch keine Sektion aufzuspüren und durch kein Mikroskop zu untersuchen. Sie sei also ein übernatürliches Wesen: etwas nicht Ausgedehntes.

Mit dieser Trennung stellte DESCARTES sich und seinen Nachfolgern die schwierige Frage, wie die wechselseitige Kommunikation von Physischem und Psychischem zu erklären sei. Eine spätere Richtung erklärt diese Annahme einer wechselseitigen Beeinflussung von Leib und Seele zur Fiktion. Der FECHNERsche psychophysische Parallelismus faßt das Psychische und das Physische als zwei nicht aufeinander einwirkende Seiten, die auf Grund ir-[98]gendeiner natürlichen Harmonie parallel zueinander existieren und von außen oder von innen betrachtet werden können wie die innere oder äußere Seite einer Kugel. Andere wiederum glaubten, dem psychophysischen Problem überhaupt entgehen zu können, indem sie es zu einem Scheinproblem erklärten.

Die Annahme einer *res cogitans* und einer *res extensa* zwang DESCARTES, die Tiere vollständig zur *res extensa* zu rechnen, so daß diese für ihn nichts anderes waren als Maschinen. Die Schwierigkeiten der kartesischen Spaltung wurden bald offenbar: Einerseits konnte man die Existenz des Psychischen bei Tieren nicht vollständig leugnen; andererseits wird die *res cogitans* als ihrem Wesen nach von der *res extensa* völlig verschieden angesehen, was die

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Erklärung ihres behaupteten Aufeinanderwirkens sehr schwer macht. DESCARTES entwikkelte bekanntlich die Vorstellung, daß das Zusammenwirken in der Zirbeldrüse stattfinde, so daß die Seele, in moderner Sprache ausgedrückt, eine Kontrollfunktion über den Organismus ausübt, und zwar vermittels von Signalen, deren physikalische Träger Nervenimpulse und Hormone sind. ELSASSER bemerkt dazu richtig, daß „diese Auffassung offensichtlich eine Reflexion des traditionellen dualistischen christlichen Dogmas ist“ (**31**, S. 1).

Seit den philosophischen Arbeiten von DESCARTES und vor allem seit GALILEI, NEWTON u. a., die den Höhepunkt der Mechanik bildeten, sprechen wir vom Mechanizismus (bzw. Mechanismus) als einer weltanschaulich-erkenntnistheoretischen Richtung. Große Verbreitung fand der Mechanizismus im 18. und insbesondere im 19. Jahrhundert durch die Entfaltung der experimentellen Physiologie. Einer der damals bedeutendsten deutschen Vertreter dieser Richtung war DU BOIS-REYMOND. Das Ideal wissenschaftlicher Erkenntnis war für ihn das „Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen, die durch deren in der Zeit unabhängige Zentralkräfte bewirkt werden, oder Auflösen der Naturvorgänge in die Mechanik der Atome“ (**30**, S. 104 f.).

Als Schlüssel zum Verständnis der naturwissenschaftlichen Probleme galt die gemeinhin nicht bestrittene Vorstellung, daß das Endziel aller naturwissenschaftlichen Forschung der Nachweis einer mechanischen Kausalkette sei. LAPLACE (**91d**) hat dieser Form des „Modelldenkens“ mit seinem berühmten „Geist“ wohl die schärfste Formulierung gegeben und damit ein Vorbild für die Forschungsarbeit in allen Bereichen der Naturwissenschaften geschaffen, so daß jeder Forscher anstrebt, wenigstens auf seinem Gebiet „Laplacescher Geist“ zu sein. Wir wollen hier hervorheben, daß es sich bei aller historischen Begrenztheit um eine für bestimmte Untersuchungen fruchtbare Arbeitshypothese des Mechanizismus handelt. Sie muß so lange benutzt werden, bis sich die Fragestellung erweitert bzw. bis die Untersuchungen uns zeigen, inwieweit die Vorstellungen zutreffen und inwieweit sie modifiziert werden müssen. Dabei war man sich schon immer im klaren, daß der Mensch nicht in die Lage des Laplaceschen „Geistes“ kommen wird, jedoch prinzipiell sollte es möglich sein.

[99] Während viele Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts zu der Ansicht neigten, daß sich auch die psychischen Erscheinungen durch Physik und Chemie des menschlichen Gehirns vollständig erklären ließen, meinte DU BOIS-REYMOND, daß der menschliche Geist niemals in der Lage sein werde, sich dem Phänomen des Bewußtseins mit diesen Mitteln zu nähern, da es ein von Kraft und Stoff, von den Atomen und Molekülen der Physiker und Chemiker verschiedenes Phänomen sei und die Methode der Introspektion mit einschließe. Auch hier wird wieder der Einfluß DESCARTES’ deutlich.

Die Kybernetik schafft nun durch die operationelle Methode einen neuen Zugang zum Leib-Seele-Problem. Sie zeigt, daß das, was wir an geistigen Funktionen beobachten, sich als Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen verstehen läßt.

Während für DU BOIS-REYMOND zwischen der Physik und den Phänomenen des Bewußtseins noch eine unüberbrückbare Kluft zu bestehen schien, während unterhalb dieser Kluft alles eine rein mechanische Erklärung finden konnte, bestätigen die kybernetischen Erkenntnisse die materialistische These, daß jeder Bewußtseinssituation eine physikalisch beschreibbare Situation des lebenden Organismus zugrunde liegt, so daß sich auch das Phänomen Bewußtsein auf objektive physiologische Tatbestände zurückführen läßt. „Ich glaube“, schreibt STEINBUCH, „daß wir die Denkfunktionen ebenso rational analysieren können wie unseren Stoffwechsel oder unser Muskelspiel. Ich sehe in der Kehrtwendung vor unserem ‚Seelenleben‘ ein Versagen. Wir müssen all unseren Scharfsinn und Witz anstrengen, um in Zukunft das zu verstehen, was wir bisher noch nicht verstanden haben.“ (**160**, S. 3)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Hier wird ein konsequent materialistischer Standpunkt mit dem für diese philosophische Haltung charakteristischen Erkenntnisoptimismus vertreten. Einige Zeilen zuvor schreibt STEINBUCH: „Der naive Mensch erlebt die Welt zwischen zwei Ufern: Hier die berechenbaren Erscheinungen der Physik – dort die geheimnisvollen Verhaltensformen der Menschen. Solange die Physik kaum über Hebel und Bernstein hinaussah, war keine Brücke von der Physik zu den Verhaltensformen der Menschen zu erkennen. Zwar zwangen die zunehmenden Einsichten der Anatomie und Physiologie zu dem Zugeständnis, daß der Körper des Menschen physikalischen Gesetzen gehorche. Man kann seit der Entdeckung von F. WÖHLER (1828) sogar organische Substanzen synthetisch erzeugen. Man glaubt jedoch, geistige Funktionen seien davon ausgenommen.

Wenn solche Vorstellungen von Generation zu Generation weitergegeben und gemehrt werden, gilt es als ein Sakrileg, an ihnen zu rütteln.“ (**160**, S. 2.)

Der dialektische Materialismus vertritt, gestützt auf die Ergebnisse der modernen Naturwissenschaften, konsequent die Auffassung, daß man das Psychische und das Physische weder gegenseitig aufeinander reduzieren noch voneinander trennen kann, sondern daß sie in der dialektischen Beziehung von Struktur und Funktion stehen: *Das Psychische ist eine Eigenschaft der Funktion der Gehirnmaterie, ist die Erscheinungsform eines inneren Zustandes der höchstorganisierten Materie*. [101]

1. Spricht man vom Psychischen, so können verschiedene Seiten dieser Erscheinung hervorgehoben werden. Wir können zum einen vom Psychischen als Gehirnfunktion sprechen; zum anderen können wir es aber auch als Widerspiegelung verstehen. Psychische Erscheinungen gehören zu einem bestimmten Subjekt, sie sind subjektiv. Inhaltlich ist das Psychische als Widerspiegelung der objektiven Realität bestimmt. Zugleich ist es aber auch Bestandteil dieser objektiven Realität. RUBINSTEIN hebt hervor: „Jedes psychische Faktum ist ein Stück reale Wirklichkeit und eine Widerspiegelung der Wirklichkeit, nicht entweder das eine oder das andere, sondern beides zugleich.“ (**139**, S. 17.) Die Gegenüberstellung von Materie und Bewußtsein ist nur im Zusammenhang mit der erkenntnistheoretischen Grundfrage absolut; außerhalb dieser Grenzen eine absolute Entgegensetzung vorzunehmen wäre – wie LENIN hervorhob – „ein gewaltiger Fehler“ (**95**, S. 236). Eine solche Vorstellung trennte das Bewußtsein genetisch und strukturell von der Materie. Tatsächlich aber ist es Entwicklungsprodukt der Materie und an eine bestimmte Organisation der Materie gebunden.
2. Betrachten wir das Verhältnis des Psychischen zum Gehirn, so verstehen wir es als eine Funktion des Gehirns. Das Verständnis dieses Verhältnisses macht jedoch auch gegenwärtig oft noch Schwierigkeiten. Es ist oftmals die Tendenz bemerkbar, das erkenntnistheoretische Verhältnis zwischen Materiellem und Ideellem auf das Verhältnis zwischen der höheren Nerventätigkeit und dem Psychischen zu übertragen. Eine solche Konzeption führt mit Notwendigkeit zum Dualismus. Das gleiche gilt für eine Auffassung, die das Psychische gegenüber der höheren Nerventätigkeit als eine qualitativ höhere Bewegungsform der Materie faßt. Das Psychische verhält sich zur höheren Nerventätigkeit weder wie das Ideelle zum Materiellen noch wie eine höhere Bewegungsform der Materie zu einer niederen. Zwischen Physischem und Psychischem besteht vielmehr das Verhältnis eines Zustandes bzw. Prozesses zu seiner Eigenschaft, seiner Erscheinungsform. „*Das Psychische ist eine besondere Eigenschaft der Gehirnfunktion*“, die Fähigkeit zur Widerspiegelung. Diese Fähigkeit ist möglicherweise eine allgemeine Eigenschaft der Materie, die sich auf dem Wege ihrer Entwicklung durch quantitative Anreicherung sowie qualitative Sprünge zu immer höheren Formen entwickelt und im Gehirn, dem Organ der menschlichen Widerspiegelung, ihre höchste Vollendung gefunden hat (vgl. S. 421 f.).

Physiologische Prozesse können ohne psychische Erscheinungen verlaufen, nicht aber umgekehrt. Das zeigt, daß die psychischen Prozesse von den physischen nicht zu trennen sind; sie sind an die hochkomplizierte Funktion des Gehirns gebunden.

Dieser innere Zustand der höchstorganisierten Materie ergibt sich aus der spezifischen Organisation der Vorgänge in Raum und Zeit, einer spezifischen funktionellen Struktur, die in der hohen Dichte unterschiedlich elektrisch geladener und in ihrer Polarität schnell veränderlichen Neuronenzellen, wie u. a. RÜDIGER hervorgehoben hat, zum Ausdruck kommt. RÜDIGER betonte, daß die Erforschung der Hirntätigkeit keinesfalls die biophysikalisch und biochemisch zu erfassenden Grundlagen außer acht lassen darf, denn die Zustandsänderungen an den Grenzflächen (Neuronenmembranen) hängen mit dem Stoffwechsel der Neuronen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

wie auch der Gliazellen eng zusammen. Er hob aber gleichfalls hervor, daß „ebensowenig, wie man aus der Untersuchung der Einzeleigenschaften von Elektronenröhren, Transistoren und Widerständen, Kondensatoren usw. verstehen könnte, wie eine elektronische Rechenmaschine zu bestimmten Ergebnissen gelangt, kann man aus der noch [101] so subtilen Kenntnis des Zellstoffwechsels und überhaupt der molekularbiologisch beschriebenen Vorgänge in den Nervenzellen oder anderen zentral-nervösen Elementen die Tätigkeitsweise des Gehirns und damit jenen, dem Psychischen zugrunde liegenden Zustand erschließen“. (**139a**)

Es ist nicht uneingeschränkt möglich aus der Summe von Einzelerkenntnissen auf das Gesamtverhalten zu schließen. Hieraus leitet sich das Erfordernis nach mathematischen Simulationsmodellen ab. Es wurden Neuronenmodelle entwickelt, die einige Eigenschaften der Nervenzelle und ihrer Synapsen simulieren können (**19c**, **63c**, **139b**). Am unbelebten Modell können manche Einsichten gewonnen werden, die uns am lebenden System versagt bleiben (**160**, **161a**). Die integrativen Leistungen vieler Milliarden von Großhirnneuronen werfen jedoch Probleme auf, die auch durch die modernen Methoden der Kybernetik noch nicht gelöst wurden und deren theoretische und methodische Bewältigung wahrscheinlich auch eine Erweiterung des an der Technik orientierten Begriffssystems der Kybernetik erzwingen.

Es sei in diesem Zusammenhang auf folgende Ausführungen von ELSASSER verwiesen, die, wie BEIER (**11**) hervorgehoben hat, für die gegenwärtige Situation der Hirnforschung charakteristisch und für alle Modellstudien von Bedeutung sind. ELSASSER schreibt: „Wenn der Histologe das Gehirn untersucht, so sieht er etwas, das an große elektronische Computer erinnert. Er erkennt eine relativ kleine Anzahl von Grundbausteinen in immer wiederkehrender Folge. Die gesamte Komplexität liegt in den unzähligen Querverbindungen, nicht in der Verschiedenheit der Grundbausteine. Soweit wir wissen, besteht das Gehirn ausschließlich aus Neuronen. Wiederum, soweit uns bekannt ist, macht ein Neuron nichts anderes, als elektrochemische Impulse von seinen Fortsätzen nach seinen Endigungen zu leiten. Einige der Neuronen verlassen das Gehirn (efferente Nerven), andere betreten es (afferente Nerven), aber abgesehen davon bilden die Fortsätze und Endigungen der Neuronen synaptische Verbindungen mit anderen Neuronen. Wenn daher jemand die physiologische Basis des Gedächtnisses zu studieren hat, könnte er mit einem solchen Modell untereinander verbundener Neuronen beginnen. Wir behaupten nicht, daß dieses Modell in allen Einzelheiten zutrifft, aber es ist einfach, und es basiert auf anatomischen Fakten. *Es gibt keinen anatomischen Beweis für die Existenz eines Speicherorgans*, welches die ungeheuer große Menge an Information aufnehmen könnte, die ein Mensch in seinem Gedächtnis zu speichern vermag. *Auch konnte die Hirnphysiologie keinen Beweis für die Existenz einer hochspezialisierten, speziellen Abtast-Einrichtung erbringen*, die, entsprechend den früher diskutierten technischen Prinzipien, notwendig ist, um große Mengen von Informationen in input und output zu wandeln.“ (**31**, S. 138.)

Die Annahme, daß lebende Organismen im Laufe der Evolution möglicherweise die Fähigkeit erworben haben könnten, Gedächtnisinformationen in molekularen Strukturen direkt zu speichern, hat sich nicht bestätigt. Wenn diese Hypothese zutreffen würde, wäre die Informationsmenge, die gespeichert werden kann, festgelegt durch die Menge der speziellen Speicher-RNS, die wir in den Zellen des Zentralnervensystems finden (dabei hat [102] ein einziges RNS-Molekül die Speichermöglichkeit von $10^{15}$ bit). Von der Gesamtdynamik des Gehirns her gesehen, ist es jedoch unwahrscheinlich, daß im einzelnen Neuron monadenhaft eine beliebige Semantik in Miniatur aufbewahrt wird.
An anderer Stelle der Arbeit wird nochmals auf die Hypothesen von HYDEN und auf das Prinzip der nichtmechanischen Speicherung der Information von ELSASSER im Zusammenhang mit dem Problem der Rückinformation vom Protein zur RNS eingegangen (vgl. S. 305 f.) und gezeigt, daß auf Grund der Tatsache, daß eine solche Rückinformation recht unwahrscheinlich ist, auch die Hypothese von der direkten Speicherung von Umweltinformationen in makromolekularen Strukturen aufgegeben werden muß.

ELSASSER hebt die Bedeutung der Modellstudien für die biophysikalische Forschung hervor. Er zeigt ihre Möglichkeiten, aber auch die relativen Grenzen der Modellierung von

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Denkfunktionen. Er ist in seinen Arbeiten bemüht, die Spezifik biologischer Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten. Letzteres findet seinen Ausdruck u. a. in dem von ihm formulierten „Prinzip der nicht-mechanischen Speicherung der Information“.

Betont ELSASSER die Spezifik des Lebenden und auch der Denkfunktionen gegenüber den Automaten, so hebt STEINBUCH umgekehrt hervor: „Auf gar keinen Fall scheint es mir wahrscheinlich oder gar bewiesen, daß zur Erklärung geistiger Funktionen irgendwelche Voraussetzungen gemacht werden müssen, welche über die normale Physik hinausgehen.“ (**160**, S. 1 f.) Während STEINBUCH offensichtlich dazu neigt, einen vollständigen Isomorphismus zwischen psychologischen und physikalischen Begriffssystemen anzunehmen und damit die Möglichkeit einer vollständigen Reduktion geistiger Funktionen auf die Gesetzmäßigkeiten der „normalen Physik“ erwägt, scheint mir die Annahme eines solchen Isomorphismus nicht begründet. Gedankengängen von ELSASSER folgend, möchte ich vielmehr meinen, daß wahrscheinlich schon in der biologischen Bewegungsform der Materie (in der Phylogenese, vielleicht auch in der Ontogenese) eine Informationsvermehrung stattfindet. Sicher jedoch vollzieht sich im Denkprozeß eine Informationsvermehrung, denn dies ist das Kennzeichen eines jeden wirklich schöpferischen geistigen Prozesses.

Die technischen Automaten jedoch genügen den physikalisch-chemischen Gesetzen, sie sind Informationstransformatoren, die im günstigsten Falle, des idealen Kanals bzw. abstrakten Systems, die Information gegenüber informationsstörenden Prozessen (Rauschen) erhalten. Die Informationsvermehrung als Kennzeichen des schöpferischen menschlichen Denkprozesses unterscheidet diesen von Prozessen, die in technischen Automaten ablaufen.

Das Problem der Informationsvermehrung führt zur Diskussion der Determinismusproblematik; denn Informationsvermehrung setzt eine dialektische Determination voraus. Sie ist vom Standpunkt einer mechanistischen Determinismuskonzeption unerklärlich; denn Voraussetzung dieser ist die Kontinuität der Information, eine isomorphe Zuordnung der Zustände, die das System zu verschiedenen Zeitpunkten beschreiben. Bei der Diskus-[103]sion der Determinismus-Problematik folgen wir Gedankengängen, wie sie von FUCHS (**39**) entwickelt worden sind.

Untersuchen wir das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus, so wird deutlich, daß es sich hier auf der Ebene des funktionellen Verhaltens um eine dem ursprünglichen Mechanismus-Vitalismus-Streit analoge Fragestellung handelt: Können komplizierte Verhaltensweisen lebender Systeme durch Erkenntnisse an Automaten völlig, nur teilweise oder überhaupt nicht verstanden werden? Oder anders gefragt: Reichen die Gesetze der Physik und Chemie aus, um das Verhalten der lebenden Organismen vollständig zu beschreiben? Daß nur die Gesetze der Physik und Chemie *und keine anderen* im lebenden Organismus gelten, daß sie also ausreichen, das Verhalten der lebenden Organismen vollständig zu beschreiben, ist die These des strengen, uneingeschränkten Physikalismus. Was wir dieser These entgegenstellen wollen, ist eine Konzeption, die davon ausgeht, *daß die spezifische Struktur, die spezifische Dynamik und Organisation in Verbindung mit den allgemeingültigen physikalischen Grundgesetzen die besondere Qualität des Lebens hervorbringt*. Auf dieser Grundlage wird es m. E. möglich sein, zu einer dialektisch-materialistischen Beantwortung der Frage nach dem Verhältnis von Physik und Biologie vorzudringen.

In diesem Sinne sei zusammenfassend festgehalten:

Die wissenschaftliche Entwicklung hat die Lücke zwischen Physik, Chemie und Biologie geschlossen (vgl. **30c**). In der Tat: Biochemie, Molekularbiologie und Kybernetik machen endgültig klar, daß es keine Kluft zwischen nichtlebender und lebender Natur gibt. Das bedeutet jedoch nicht, die Lebensprozesse besäßen gegenüber den „rein“ physikalisch-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

chemischen Prozessen keine Spezifik. Die Prinzipien der Physik und Chemie äußern sich in den Lebensprozessen in einer besonderen, für diese spezifische Art und Weise. Dies wird besonders deutlich bei dem für die Theorie der Informationserzeugung charakteristischen, von EIGEN entwickelten, physikalisch ableitbaren Wertkonzept für den Optimierungsprozeß der Evolution. Die biologische Bewegungsform der Materie läßt sich als physikalisch-chemische Bewegung erklären, jedoch – und das ist das Entscheidende – auf einer neuen höheren Ebene der Komplexität (des gesamten Niveaus der Organisation) des Systems, einer stärkeren inneren Determination und damit qualitativ unterschieden von der einfachen physikalisch-chemischen Bewegung der Materie. Die biologischen Gesetzmäßigkeiten widersprechen nicht den einfachen Gesetzen des Verhaltens auf niederer Ebene, lassen sich jedoch auch nicht auf diese reduzieren, da sie gegenüber den einfacheren physikalisch-chemischen Gesetzen integralen Charakter tragen. Sie umfassen diese, sie schränken die Vielzahl der Möglichkeiten der physikalisch-chemischen Bewegungsform der Materie ein, woraus sich neue Möglichkeiten der weiteren Entwicklung ergeben.

Ein dialektisch-materialistisches Verständnis der engen Beziehungen zwischen Physik, Chemie und Biologie steht sowohl dem Vitalismus als auch dem Mechanizismus entgegen. Es muß jedoch auch hinausgehen über die [104] Konzeption der verallgemeinerten Komplementarität, derzufolge biologische Gesetze als Ergänzung physikalisch-chemischer Gesetze zu verstehen sind. Spezifische Struktur, Ganzheit, Komplexität und Variabilität sind für das lebende System charakteristisch; sie sind nicht etwas Zusätzliches, sondern etwas, das den „rein“ physikalischen Prozeß modifiziert.

1. Aus den Erfahrungen bei der Überwindung der subjektivistischen Deutungen in der Quantenphysik können wir folgendes lernen: Wenn die Beschreibung verschiedener Experimente mittels der gewöhnlichen Begriffe unserer Anschauung dahin führt, daß diese auf ein objektiv-reales Objekt nicht gleichzeitig widerspruchsfrei angewendet werden können, so ist nicht die Vorstellung vom objektiv-realen Objekt aufzugeben, sondern die herkömmlichen Begriffe sind zu verändern. Sind Begriffe zur Widerspiegelung eines Sachverhaltes ungeeignet, dann können die Eigenschaften, die ihnen entsprechen, auch nicht beobachtet werden. Das konservative Festhalten an den alten Begriffen ist kennzeichnend für den Mechanismus und Vitalismus sowie für den Positivismus.

2. Die Überwindung der falschen Alternative „Mechanismus oder Vitalismus“ ist dem dialektischen Materialismus möglich, indem er die negative Seite des Vitalismus, die in der Annahme einer unerkennbaren, transzendenten Kraft im Lebenden besteht und die negative Seite des Mechanismus, nämlich die Leugnung der Besonderheit des Lebenden, die Reduktion des Lebenden auf mechanische Bewegung, auf rein physikalisch-chemische Prinzipien, verwirft und die positiven Elemente beider Richtungen, die Hervorhebung der Besonderheit des Lebenden durch den Vitalismus und die Betonung des materialistischen Charakters und der Erkennbarkeit des Lebenden durch den Mechanismus, dialektisch miteinander verbindet und auf höherer Stufe bewahrt. Die Aufgabe einer dialektisch-materialistischen Lösung des Problems ist die, die Eigengesetzlichkeit des Lebens nachzuweisen als Eigengesetzlichkeit eines materiellen und erkennbaren Geschehens.

Die Aufgabenstellung, „die Besonderheit des organischen Seins nachzuweisen als die Besonderheit eines materiellen und erkennbaren Seins“, wurde von WESSEL in seinem Buch „Viren, Wunder, Widersprüche“ (**182**, S. 98) besonders nachdrücklich herausgearbeitet.

3. Bei der Lösung dieses Problems können Erfahrungen von methodischem Nutzen sein, die bei der Entwicklung der Quantenphysik gesammelt wurden, als man fand, unter welchen Bedingungen die klassischen Begriffe Gültigkeit haben (das Korrespondenzprinzip), und als man erkannte, wie die gewöhnlichen Begriffe unserer Anschauung, z. B. Ort und Impuls,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

modifiziert werden müssen. Auch dem lebenden System treten wir mit Begriffen gegenüber, die unserer anschaulichen Welt entnommen sind, z. T. der Begriffswelt der Physik und der Chemie, sogar solcher spezieller Zweige der Physik wie der Nachrichten- und Automatisierungstechnik. Auch hier müssen wir darauf gefaßt sein, daß diese Begriffe modifiziert werden müssen. [105]

4. Die außerordentlich hohe Komplexität lebender Systeme ist nicht etwas Zufälliges, sondern ein integrierender Bestandteil ihres Wesens. Die alle Strukturen erfassende Dynamik und die echte Dialektik zwischen Teil und Ganzem stellen offensichtlich eine qualitativ neue Form des allgemeinen Zusammenhanges dar, die unseren Begriff vom „reinen“ physikalischen Prozeß, vom „reinen“ Automaten modifiziert, ähnlich wie die Begriffe Welle und Korpuskel einander und beide gemeinsam die Begriffe Ort und Impuls modifiziert haben.

5. Für den dialektischen Materialismus ist die höhere Bewegungsform der Materie, wie das Lebende, Resultat der Wechselwirkung von Objekten einer niederen Bewegungsform der Materie, die wiederum Resultat einer Wechselwirkung ist. Der höheren Bewegungsform kommen daher Eigenschaften zu, die den von ihr eingeschlossenen niederen auch nicht teilweise zukommen, d. h., aus der Wechselwirkung entsteht etwas Neues, was in den isolierten Komponenten nur der Möglichkeit nach, im Keim, angelegt war.

6. Die biologische Bewegungsform der Materie läßt sich als physikalisch-chemische Bewegung erklären, jedoch – und das ist das Entscheidende – auf einer neuen, höheren Ebene der Komplexität und mit einer stärkeren inneren Determination des Systems; damit unterscheidet sie sich auch qualitativ von der einfachen physikalisch-chemischen Bewegung der Materie.

7. Das Prinzip der regulierenden Organisation steht im lebenden System dem Prinzip der mikrophysikalischen Probabilistik gegenüber. – In der das lebende System erhaltenden Dynamik werden die durch die Quantengesetze gegebenen Möglichkeiten eingeschränkt. Der lebende Organismus ist jedoch kein starres, dem mechanischen Determinismus bzw. dem Prädeterminismus unterworfenes System (in dem die eiserne Notwendigkeit höchstens im Ausnahmefall der Auswirkungen mikrophysikalischer Einzelerscheinungen im makroskopischen Geschehen durchbräche) (JORDAN, **65**, S. 66), *sondern er hat neue Möglichkeiten echter Entwicklung*.

8. In der Dynamik des Lebensgeschehens tritt uns eine dialektische Einheit von Teil und Ganzem, von Struktur und Variabilität, eine dialektische Einheit von spezifischen und nichtspezifischen Vorgängen, von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen entgegen. *Es ergeben sich auf Grund der inneren Widersprüchlichkeit der lebenden Materie immer neue Möglichkeiten der biologischen Entwicklung, die im Laufe des Entwicklungsprozesses eingeschränkt werden, so daß sich der Informationsgehalt erhöht*.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# 3. Subjektivismus und Agnostizismus in Physik und Biologie und deren Überwindung

## 3.1. Das Prinzip der endlichen Klassen

Das Prinzip der „verallgemeinerten Komplementarität“, wie es ursprünglich von BOHR entwickelt wurde, wird durch ELSASSER in zwei Punkten ergänzt: erstens durch das „Prinzip der nicht-mechanischen Speicherung der Information“ und zweitens durch das „Prinzip der endlichen Klassen“.

Wie wir ausgeführt haben, gibt das „Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität“ nur den allgemeinen Hinweis, daß biologische Gesetzmäßigkeiten existieren können. Es informiert nicht über den allgemeinen Charakter solcher Gesetzmäßigkeiten. Eine solche Erkenntnis kann auch nur aus den empirischen Daten der biologischen Forschung erwachsen.
ELSASSER *meint, aus der Untersuchung biologischer Zusammenhänge eine allgemeine Charakteristik biologischer Gesetzmäßigkeiten gefunden zu haben, und zwar in dem Prinzip der Informationsstabilität bei Fehlen eines Mechanismus für die Speicherung*.
Wir erinnern in diesem Zusammenhang an ELSASSERs Hinweis, daß es noch keinen anatomischen Beweis für die Existenz eines Speicherorgans für die große Masse an Informationen gäbe, die das menschliche Gedächtnis aufzunehmen hat (s. S. 101). Wir haben ebenfalls im Vorangegangenen deutlich werden lassen, daß sich die Art und Weise der Informationsspeicherung und die Erhaltung ihrer Stabilität im lebenden Organismus und in technisch-kybernetischen Systemen unterscheiden. Die Erhaltung der Information über längere Zeit in lebenden Systemen ist andersartig, da diese aus Makromolekülen, Eiweißen und Nukleinsäuren bestehen und über einen Stoffwechsel verfügen. Wir kommen hier von einem ganz anderen Ausgangspunkt aus auf die von ENGELS definierten Grundcharakteristika des Lebensprozesses. Das zeigt deutlich die tiefe Dialektik in diesen Gedanken von ELSASSER.

Das von BOHR aufgestellte Prinzip der „verallgemeinerten Komplementarität“ sei insbesondere auch deshalb unvollkommen, da es nur von einem einzelnen System ausgeht und der Störung seines Funktionierens. In der experimentellen Methodik der Biologie beschäftigt man sich jedoch nicht so sehr mit individuellen Systemen, als mit Klassen von Systemen.[1] Da der ideale Beobachter des LAPLACE z. B. ein Gehirn oder ein anderes hochkom-[107]plexes System, eine Bakterienzelle usw. nicht untersuchen kann, ohne bestimmte Begrenzungen für das mögliche zukünftige Verhalten einzuführen, muß er darauf verzichten, individuell vorzugehen, und geht statt dessen statistisch vor. Er wird für seine Untersuchungen eine ganze Klasse von Gehirnen, Zellen oder anderen biologischen Objekten nehmen. Aus dieser Klasse kann er einige Exemplare zufällig auswählen und versuchen, ihre molekulare Struktur genau zu bestimmen. Im Verlaufe der Untersuchung werden die einzelnen Exemplare zerstört, zumindest wird ihr Verhalten sehr gestört. Der Biologe wird daraufhin das Verhalten des Restes der Klasse beobachten, der nicht untersucht wurde, dessen Verhalten infolgedessen nicht gestört ist. Es müßten Wechselbeziehungen feststellbar sein zwischen den Erkenntnissen, die auf Grund der Bestimmung der molekularen Gestaltung gewonnen wurden, und den Erkenntnissen, die bei der Beobachtung des nicht untersuchten Anteils der Klasse gewonnen wurden. Der Laplacesche Geist müßte annehmen, daß er auf Grund der genauen Bestimmung der molekularen Struktur das Verhalten der Exemplare des nicht untersuchten Anteils der Klasse eindeutig vorausbestimmen könne. In der Tat ist dies jedoch nicht der Fall.

Die Bestimmung der molekularen Gestaltung des einen Teils gestattet ihm jedoch eine statistische Aussage über das Verhalten der Exemplare des anderen Teils. Damit ist die Hypothese verbunden, daß sich das Verhalten der Zelle des Organismus und auch die menschliche Tätigkeit nicht auf eine bestimmte Mechanik, auf einen Mechanismus reduzieren lassen.

[1] ELSASSER schreibt: „Wir zögern nicht, ein individuelles System im Prozeß der Untersuchung zu zerstören, vorausgesetzt, dies bringt uns Kenntnis über andere Systeme, die zur selben Klasse gehören ...“ (**31**, S. 150).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ELSASSER macht in seinem Werk deutlich, daß die Zahl der Mitglieder einer Klasse zwar in der Tat sehr groß ist, aber in keiner Weise immens groß.[1] Die sehr große Zahl von Mitgliedern einer Klasse erweist sich im Vergleich zu der immens großen Zahl möglicher Verbindungen, die durch die Gehirnstruktur verwirklicht werden können, als sehr klein.

Wenn nun der Laplacesche Geist menschliche Gehirne untersuchen wollte, so stünden ihm für dieses Vorhaben höchstens 3 Milliarden = $3 \cdot 10^9$ Exemplare zur Verfügung. Dies ist in der Tat eine sehr große Anzahl (ihr Logarithmus ist jedoch niedriger als 10, d. h., es ist eine immens kleine Zahl unter den immens großen). Die Gesamtzahl der in der uns erreichbaren Welt enthaltenen Atome beträgt $10^{80}$, hat also einen Logarithmus, der 80 nicht überschreitet. Auch das ist eine sehr große Zahl, die aber verglichen mit den immensen Zahlen der Kombinatorik, die nicht eine Zahl von Gegenständen ausdrücken, sondern die Zahl möglicher Verbindungen, immens klein ist. Die sehr großen Zahlen haben einen Logarithmus unter 100, während die Zahlen der Kombinatorik sehr schnell den Logarithmus 100 übertreffen, also in den allermeisten Fällen immens große Zahlen sind.

So konnte NAYRAC (**110**) z. B. feststellen, daß der Logarithmus der Zahl möglicher Verbindungen in der Gehirnstruktur eines Schauspielers sicher höher als zehn Millionen ist.

[108] Die Bakterienzellen können auf Grund der *unermeßlichen Anzahl möglicher Verbindungen* im intermediären Stoffwechsel eine ungeheuere Vielfalt von Zuständen in der Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt annehmen. Es ist ebenfalls empirisch evident, daß uns das menschliche Verhalten eine fast unglaubliche Zahl möglicher Zustände anbietet. Das Gehirn kann mit Leichtigkeit eine immense Zahl möglicher Zustände verwirklichen (vorausgesetzt, daß es normal funktioniert), da die Zahl der durch die Gehirnstruktur möglichen Verbindungen *immens groß* ist. NAYRAC (**110**, S. 80) schreibt: „Ich habe in einer anderen Arbeit gezeigt, daß ein nur geringer Teil der menschlichen Tätigkeit (3 Stunden Radiosendung durch einen Schauspieler) vom Gehirn verlangt, eine so große Zahl möglicher Zustande anzubieten, daß gewöhnlich ihr Logarithmus gleich $0{,}162 \cdot 10^8$ ist.“

ELSASSER schreibt in diesem Zusammenhang: „Ob wir nun zugeben oder nicht, daß die Polymerisation der Makromoleküle zur Informationsspeicherung ausgenutzt werden kann, so sind die Zahlen, zu denen wir gelangen, höchst signifikant und verdienen, genauer untersucht zu werden“ (**31**, S. 153). Vgl. S. 37 f., 235 f. und 301 f.

Die Physiker und Chemiker arbeiteten schon immer mit den sehr großen Zahlen, denn diese bilden ja die eigentliche Grundlage der statistischen Mechanik. Das Auftreten der immensen Zahlen hat auch nicht etwa nur etwas mit der Biologie zu tun, sondern mit der Kombinatorik überhaupt. Entscheidend aber ist, daß die immense Anzahl der Kombinationen bzw. Verbindungen von unterschiedlicher physikalischer Bedeutung für das unbelebte System und das lebende System sind.

Die entscheidende Aussage, zu der alle diese Überlegungen führen, ist nun die folgende:

Will der Laplacesche Geist das Verhalten eines biologischen Systems durch die Bestimmung seiner molekularen Struktur exakt vorausberechnen, so kann er sich nicht auf eine kleine Zahl von Messungen beschränken, denn die Struktur ist nicht homogen. Die möglichen Verbindungen der Gehirnstruktur sind immens groß. Sie sind größer als die sehr große Zahl der auf der Welt vorhandenen Gehirne. Da keine oder nur geringe Redundanz vorliegt, können auch keine Beobachtungen eingespart werden. Es erscheint daher nicht möglich, die immense Zahl von Verbindungen der Gehirnstruktur, die dem menschlichen Verhalten zugrunde liegen, statistisch zu untersuchen. Da die wirklich existierenden Gehirne nur in einer sehr großen Anzahl vorhanden sind, würde dabei die ganze Art ausgerottet werden. *Es sei demnach unmöglich, die Verteilung einer immensen Zahl von Verbindungen zu studieren, wenn man nur über eine große Zahl von Individuen verfügt.*

[1] Der Begriff der immens großen Zahl wird von ELSASSER (**31**, S. 153) eingeführt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Das sagt das *Prinzip der endlichen Klassen* aus, mit dem ELSASSER das von BOHR aufgestellte Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität ergänzt. Was ist mit der Aufstellung des „*Prinzips der endlichen Klassen*“, das nach ELSASSER ein wesentliches Element der biologischen Theorie sein muß, erreicht?

Es soll damit erreicht werden, daß man die gleichzeitige Existenz physikalischer und biologischer Gesetzmäßigkeiten im lebenden Organismus logisch widerspruchsfrei annehmen kann. „Wir müssen also annehmen, daß es un-[109]möglich ist, einen Widerspruch zwischen physikalischen und biotonischen Gesetzen zu beweisen.[1] Eine Unmöglichkeit, die wir annehmen müssen, wenn wir die Existenz biotonischer Gesetze aufrechterhalten wollen“, schreibt ELSASSER und gelangt zu der These: „*Klassen von Organismen sind unendlich klein, verglichen mit der Zahl mikroskopischer Konfigurationen, die die Glieder der Klasse annehmen können. Die Dynamik dieser Systeme ist so, daß biotonische Gesetze existieren können, verträglich mit jeder möglichen physikalischen Voraussage für die Klasse; die Mitgliederzahl der Klasse wird verbraucht sein, ehe ein statistischer Beweis des Widerspruchs erbracht worden kann*.“ (**31**, S. 159 f.)

Das ist die genaue Formulierung, die ELSASSER seinem Prinzip gegeben hat. Der Grundgedanke, der in diesem Prinzip Ausdruck findet, ist der, daß die Hypothese der Voraussagbarkeit des Verhaltens weder bewiesen noch widerlegt werden kann, und dies nicht auf Grund eines momentan unzureichenden Standes der experimentellen Technik, sondern auf Grund der Natur der Dinge selbst.

Ohne sich auf ein Komplementaritätsprinzip zu berufen, formuliert WIESER (**186**) einen ähnlichen Gedanken. Hier tritt das agnostizistische Element noch deutlicher in Erscheinung. Immer liegt diesen Auffassungen, wie sie im einzelnen auch formuliert und begründet sind, der Gedanke zugrunde, daß die Eigenständigkeit des Lebens in einem Erkenntnisverzicht begründet liegt.

So schreibt er: „Ein hochkompliziertes System wie ein Organismus kann nicht in beschreibbare Einzelprozesse zerlegt werden, ohne daß ein unauflösbarer ‚Rest‘ bleibt, es ist also nicht rationalisierbar, kann also auch nicht vollkommen durch ein technisches Modell abgebildet werden. Eine Konsequenz dieser Anschauung ist, daß es nicht angeht, die Eigenständigkeit des Lebens einer besonderen Kraft oder Substanz, einer ‚Lebenskraft‘ einem ‚élan vital‘ oder ähnlichem zuzuschreiben. Da sich ein Organismus allein durch seine Organisation, seinen strukturellen Aufbau der völligen Rationalisierbarkeit entzieht, genügt es, in diesem die Eigenständigkeit des Lebens begründet zu sehen. Die Einführung etwa einer besonderen ‚Kraft‘ wäre durch nichts gerechtfertigt.“ (**186**, S. 25.)

Hier ist der Grundgedanke, der auch der Konzeption von ELSASSER zugrunde liegt, in anderen Worten nochmals klar formuliert. Er enthält eine klare Abgrenzung vom Vitalismus und ebenso vom Mechanizismus. Es wird eine Eigengesetzlichkeit des Lebens angenommen, die jedoch ihre Berechtigung erhält durch eine nicht völlige Rationalisierbarkeit des strukturellen Aufbaus des biologischen Systems und die damit verbundene Unmöglichkeit der Abbildung durch ein technisches Modell. Die Unmöglichkeit der Rationalisierbarkeit, wie es WIESER sagt, oder, wie man in Analogie zur Quantenphysik auch sagen könnte, die Unschärfe, die automatentheoretische Begriffe in bezug auf den hochkomplexen Organismus zeigen, ermöglicht die Eigen-[110]ständigkeit des Lebens. Was bei ELSASSER durch das Prinzip der endlichen Klassen ausgedrückt wird, findet bei WIESER folgende Begründung:

„Aus isolierten Prozessen und Stücken kann also der ganze Organismus mit seinen vielfältigen Funktionen nicht wieder zusammengesetzt werden. Innerhalb des Organismus besitzt

[1] Zu ELSASSERs Begriff „biotonisch“ vgl. auch S. 117.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

jedes Element nicht bloß seine elementaren, sondern auch einen Teil der Systemfunktionen, die sich aus der unendlichen Verknüpfung der Elemente ergeben. Eine Kenntnis der Ursachen dieser Systemeigenschaften ist nur in beschränktem Maße zu gewinnen, denn das Funktionieren eines Systems ist zwar evident, d. h. drückt sich in seinem Verhalten aus, kann aber nur in einfachen Fällen durch das Auseinandernehmen der Verbindungen auch analytisch begriffen werden. Die Dissektion zerstört ja genau jene Voraussetzung – die Ganzheit des Systems –, auf der das zu analysierende Verhalten ruht.“ (**186**, S. 24, 25.)

Gegen die hier angeführten Ausführungen von WIESER und den zum Ausdruck gebrachten Agnostizismus hat sich besonders nachdrücklich STEINBUCH (**160**, S. 6-7 und 21-22) in seinem Werk „Automat und Mensch“ gewandt, andererseits wird bei ihm jedoch die eigentliche Problematik des Ganzen als dialektisches Ganzes nicht gesehen, vgl. S. 118 u. 367 f.

Bevor wir uns in den folgenden Abschnitten mit dem Problem der Überwindung dieses agnostizistischen Elements beschäftigen, wollen wir hier noch deutlicher werden lassen, wie sehr das „Prinzip der endlichen Klassen“ einer methodischen Übernahme, einer bestimmten Deutung des Komplementaritätsprinzips in der Quantenphysik entspricht.

Wenn ELSASSER sagt, das Prinzip der endlichen Klassen muß ein wesentliches Element der biologischen Theorie sein, so sagt er damit, daß die unvollständige Kenntnis eines hochkomplexen Systems ein wesentlicher Bestandteil jeder Formulierung einer theoretischen Biologie sein muß.

Damit folgt ELSASSER methodisch dem gleichen Wege, wie wir ihn in der Formulierung HEISENBERGs finden, „daß die unvollständige Kenntnis eines Systems ein wesentlicher Bestandteil jeder Formulierung der Quantentheorie sein muß. Die quantentheoretischen Gesetze müssen statistischer Art sein“ (**49**, S. 29).
„Das methodische Vorbild der Quantentheorie“, schreibt HEISENBERG, „zeigt also jedenfalls, daß zwischen der Grundthese der mechanistischen Auffassung: ‚In der belebten Natur gelten die physikalisch-chemischen Gesetze uneingeschränkt‘ und der vitalistischen These von der Eigengesetzlichkeit des Lebens kein logischer Widerspruch besteht.“ (**51**, S. 124.)

Es gibt dann ein „rein“ physikalisches und ein „rein“ biologisches Verständnis des Lebenden (Mechanismus – Vitalismus) als zwei sich ausschließende und doch ergänzende Beschreibungsweisen, die auf Grund der den beiden Betrachtungsweisen anhaftenden Unschärfe logisch widerspruchsfrei denkbar seien.

In dem von uns betrachteten Grenzgebiet zwischen Eiweißchemie und Biologie, in dem Gebiet der kleinsten biologischen Elementarkörper oder chemischen Biologie, muß es zunächst darum gehen, das physikalisch-chemische Begriffssystem bis zum äußersten auszunutzen, so auch das Begriffs-[111]system der Automatisierungstechnik, und zwar bis zu dem Punkt, wo es offensichtlich zu Widersprüchen führt. Es muß geprüft werden, wie weit man hier bei der Beschreibung der Lebensvorgänge kommt. Die Erfolge in unserem Jahrhundert auf diesem Gebiet zeigen nachdrücklich, wie weit es geht, jedoch drückt das Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität die Erwartung aus, daß wir mit der Möglichkeit rechnen müssen, einmal auf eine durch die Natur errichtete Grenze zu treffen. Das sollte uns davor bewahren, die Seite der Lebensprozesse zu vergessen, von denen sich die vitalistischen Gedankengänge herleiten.

Hier werden sehr wohl die Grenzen der mechanistischen Auffassung erkannt. Es bleibt aber weiterhin vorausgesetzt, daß man mit den Begriffen des „reinen“ physikalisch-chemischen Vorgangs, mit den Begriffen „des reinen Automaten“ an das Lebensgeschehen herangehen kann. Die Existenz biologischer Gesetzmäßigkeiten bedürfe dann in irgendeiner Form einer Einschränkung unserer Erkenntnismöglichkeit. Es bedarf der Einführung irgendeiner prinzipiellen Erkenntnisgrenze, eines agnostizistischen Prinzips, so, wie z. B. BOHR annimmt, der Verzicht auf volle physikalische Kenntnis „lasse Raum“ für das Eingreifen anderer, physikalisch nicht ableitbarer Gesetzmäßigkeiten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Entsprechend formuliert ELSASSER sein „*Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität*“. „Solche Messungen stören den Organismus so sehr, daß die biologischen Prozesse modifiziert werden und aufhören, sich in gewohnter Weise zu vollziehen, bevor die Messungen einen Grad an Genauigkeit erreicht haben, der uns erlauben würde, die Natur der biotonischen Prozesse in Begriffen der individuellen molekularen Wechselwirkung zu spezifizieren. Umgekehrt, wenn wir biotonisches Verhalten im Organismus beobachten, ohne ihn solchen genauen Untersuchungen mikroskopischer Messungen zu unterwerfen, verzichten wir auf die Erkenntnis der einzelnen molekularen Vorgänge und infolgedessen auf die Möglichkeit, biotonische Formen des Verhaltens genau in Begriffen molekularer Wirkung auszudrücken.“ (**31**, S. 149.)

Als methodisches Vorbild dient ELSASSER ganz offensichtlich die positivistische Interpretation der Quantenphysik.

In dieser Formulierung des Komplementaritätsprinzips für hochkomplexe, lebende Systeme wird ganz deutlich, daß hier die Grenzen der mechanistischen Determinismuskonzeption klar erkannt sind, jedoch, da dies nur auf die Störung durch den Meßeingriff zurückgeführt wird, bleibt die Konzeption weiterhin vorausgesetzt. Da sie hier aber versagt, müßte auf genaue Kenntnis verzichtet werden.

Das Prinzip der endlichen Klassen, das eine prinzipielle Nichtbeobachtbarkeit theoretisch begründen soll, beruht auf einer Reihe fehlerhafter Voraussetzungen. Wie wir sahen, zeigt ELSASSER selbst, daß sein Prinzip der endlichen Klassen auf rein kombinatorischen Überlegungen beruht. Er stellt nur die Vielfalt möglicher Kombinationen fest. In der objektiven Realität liegen jedoch immer Gruppenstrukturen vor. Sind Gruppenstrukturen ge-[112]geben, so heißt dies, daß in Wirklichkeit von vornherein nicht alle möglichen Kombinationen verwirklicht werden, sondern bestimmte Beschränkungen vorliegen. Auf Grund bestimmter Bedingungen kommt es zur Gruppenbildung. Liegen begrenzende Bedingungen vor, ist es möglich, auch mit einer viel geringeren Zahl von Untersuchungsobjekten auszukommen.

Läßt man z. B. eine Kompanie Soldaten in einer Linie antreten, in sonst beliebiger Ordnung, d. h. ohne weitere begrenzende Bedingungen, so hat man noch sehr viele Kombinationsmöglichkeiten, die aber in dem Augenblick stark eingeschränkt werden, in dem die zusätzliche Bedingung eingeführt wird, daß der Größe nach angetreten werden soll. Dies würde nur noch eine Reihenordnung zulassen, abgesehen davon, daß zwei oder drei zufällig genau die gleiche Größe haben könnten. Durch die Härte der gewählten Bedingungen kann man bestimmte Gruppen selektionieren, so z. B. durch entsprechende Prüfungsbedingungen den Kreis von Menschen, der zum Studium zugelassen wird. Entsprechend haben wir auch bei den im lebenden Organismus sich vollziehenden chemischen Prozessen solche Bedingungen, daß die Hauptreaktionen um ein vielfaches wahrscheinlicher werden als die Nebenreaktionen, die eintreten würden, wenn die Reaktionen keinerlei beschränkenden Bedingungen unterliegen. In diesem Zusammenhang gebraucht SEGAL den Begriff der „unwahrscheinlichen Reaktion“, welche in ihrem Verhalten Gesetzmäßigkeiten zeigt, die die wahrscheinlichen Reaktionen, mit denen der Chemiker sich befaßt, nicht zeigen. „Dieses Prinzip der unwahrscheinlichen Reaktion beherrscht das gesamte chemische Verhalten der lebenden Organismen“, schreibt SEGAL. „Es gibt wohl kaum eine biochemische Reaktion, die sich außerhalb des Organismus spontan vollzöge ... Wenn diese Prozesse in unserem Körper ablaufen, so nur deshalb, weil sie durch spezifische biologische Katalysatoren, die Fermente, wahrscheinlich gemacht werden, wobei die außerordentliche Spezifität der Fermente dafür sorgt, daß der Reaktionsverlauf seinen streng determinierten Charakter aufrechterhält.“ (**154**, S. 274.)

Die Klassen der Organismen sind unendlich klein, verglichen mit der Zahl mikroskopischer Zusammenfügungen, die die Glieder der Klasse annehmen können, meint ELSASSER. Wir sehen aber jetzt, daß, wenn begrenzende Bedingungen vorliegen, die Elemente einer Gruppe

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nicht alle Kombinationen eingehen, zu denen sie befähigt wären, wenn diese Bedingungen nicht vorlägen.

Solche begrenzenden Bedingungen tragen gesetzmäßigen Charakter, sie sind eine Form der Redundanz, worauf ASHBY aufmerksam macht (5, S. 131 f.). Dem Wissenschaftler wird also durch die Bildung von Gruppenstrukturen eine große Zahl von Messungen erspart bleiben, er wird mit einer viel geringeren Zahl von Individuen einer Klasse auskommen, so daß keine Gefahr einer Vernichtung besteht. Wenn die Zahl der Elemente eines Systems groß ist, so ist nach ELSASSER die Zahl der möglichen Kombinationen so unermeßlich, daß sie nicht mehr untersucht werden kann. Man müßte dann jedoch noch hinzufügen, daß sie innerhalb der Zeiträume der Existenz unseres [113] Sonnensystems auch nicht entstanden sein können. Die Lösung des Problems liegt offensichtlich darin, daß durch die jeder Entwicklungsstufe der Materie eigentümliche Struktur eine natürliche Auslese der Möglichkeiten erfolgt, so daß nur eine sehr kleine Anzahl aller denkbaren Beziehungen realisiert wird.

ELSASSERs „Prinzip der endlichen Klassen“ ist weiterhin gegründet auf einer einseitigen Auffassung vom menschlichen Erkenntnisprozeß.

Es wird deutlich, daß hier die Dialektik des menschlichen Erkenntnisprozesses in seiner Kompliziertheit nicht voll verstanden wird. JORDAN, ELSASSER und andere sich am Positivismus orientierende Wissenschaftler bleiben bei der Erscheinung, bei den beobachteten Fakten stehen, die uns in der Erfahrung gegeben sind, und kommen so zur Leugnung der Erkennbarkeit des Wesens der Dinge und Erscheinungen. *Erkenntnis ist nicht zu identifizieren mit der Feststellung von Tatsächlichkeiten, mit der Beobachtung von Fakten. Dies muß in der Tat immer begrenzt bleiben. Erkenntnis heißt, aus den empirischen Tatsächlichkeiten die allgemeinen Gesetze der Natur, Gesellschaft und des Denkens zu erschließen. Diesem Erkenntnisprozeß sind keine Grenzen gesetzt, es ist ein unendlicher Prozeß des Fortschreitens vom Nichtwissen zum Wissen, von der Erscheinung zum Wesen 1. Ordnung, 2. Ordnung usw.*

Der Wahrscheinlichkeitscharakter des Geschehens läßt sich also nicht allein aus der Störung des Objekts bei der Messung, und die Besonderheiten des Lebenden lassen sich auch nicht aus dem Prinzip der endlichen Klassen ableiten, sondern der Wahrscheinlichkeitscharakter liegt m. E. im Wesen des Lebensprozesses selbst, was zu beweisen ist.

### 3.2. Der Welle-Korpuskel-Dualismus und der Begriff des allgemeinen Zusammenhanges

Wir sagten, daß das Komplementaritätsprinzip in der Biologie zur Lösung einer ähnlichen erkenntnistheoretischen Situation wie seinerzeit in der Quantenphysik beim Welle-Korpuskel-Dualismus dienen soll. Der Welle-Korpuskel-Dualismus ist eines der entscheidenden durch die Quantenphysik gelösten Probleme. Ein Elementarteilchen (z. B. Elektron, Neutron oder Proton) kann bekanntlich einmal als Korpuskel und ein anderes Mal als Welle aufgefaßt werden. Welle und Korpuskel sind jedoch einander widersprechende klassische Begriffe. Wenn ein Wellenberg und ein Wellental zusammenfallen, können sie sich aufheben. Kommen zwei Teilchen zusammen, so heben sich diese nicht auf. Es gab zunächst viele Versuche, aus denen hervorzugehen schien, daß Elektronen Teilchen und keine Wellen sind, bis DAVISON und GERMER in ihrem berühmten Versuch nachweisen konnten, daß Elektronen beim Durchgang durch einen Kristall nicht das Verhalten eines Teilchens, sondern das einer Wellenstrahlung zeigen. Es zeigte sich, daß [114] die Elektronen unter bestimmten Umständen ihre Teilchennatur verlieren und sich in ein Wellenphänomen verwandeln. Hierfür gab es zunächst eine positivistische Deutung. Die positivistische Deutung dieser Problematik führte den hier zutage tretenden Widerspruch auf eine Beziehung zwischen atomarem Geschehen und dem makroskopischen Beobachtungsmittel zurück.

Was ist ein Elektron? Ist es ein Teilchen oder eine Welle? Als Antwort wird gesagt: Es ist

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

weder das eine noch das andere, sondern es ist etwas, das sich jeder Beschreibung durch klassische Begriffe widersetzt. Die Meßgeräte können uns über die Eigenschaften der Mikroobjekte nur in klassischen Begriffen (anschaulichen Begriffen) Auskunft geben, denn sie gehören ja selbst dem Makrokosmos an. Eine solche anschauliche Beschreibung gelingt jedoch nur, *wenn wir auf eine einheitliche Deutung aller sich auf das Elektron beziehenden Erfahrungen verzichten und uns jeweils auf einen bestimmten Erfahrungsbereich beschränken*.

Es gelingt also, die Tatsachen anschaulich, d. h. mit Hilfe des Begriffssystems der klassischen Physik zu deuten, jedoch nur durch zwei sich ausschließende Bilder. Wie wir sagten, nehmen die Elektronen beim Durchgang durch den Kristall Wellencharakter an, es sei also das Wellenbild zu benutzen. Werden die Strahlen hinter dem Kristall auf einem Schirm aufgefangen, zeigt das Elektron keine Welleneigenschaft mehr, sondern wieder die eines Teilchens. Je nach der Abgrenzung eines bestimmten Erfahrungsbereiches (verschiedener Meßgeräte) können wir also das Bild der Welle oder das Bild des Teilchens benutzen, um das Verhalten eines Elektrons zu verstehen. Beides sind jedoch nur begrenzte Annäherungen. Es zeigt sich, daß die Genauigkeit der Beschreibung mit klassischen Begriffen durch die Unbestimmtheitsrelation beschränkt ist.

Diese subjektivistische Deutung des Welle-Korpuskel-Dualismus findet ihre Entsprechung in der subjektivistischen Interpretation der methodisch vergleichbaren Situation in der Biologie. So wie man nicht in der Lage ist, alle Eigenschaften eines Elektrons in einer einheitlichen Theorie zu erfassen, so sei man auch nicht in der Lage, den lebenden Organismus als ein dynamisches Ganzes in einer einheitlichen Theorie zu verstehen. Nach ELSASSER können wir den Organismus nur als ein dynamisches Ganzes verstehen, in bezug auf welches die rein mechanistische Form des Verhaltens und die rein biologische Form des Verhaltens als begrenzende Annäherungen erscheinen. Wir können nichts mehr tun, als Klassen von Messungen zueinander in Beziehung zu setzen, und das Prinzip der endlichen Klassen informiert uns über die Beschränkung der Vorhersage, die auf beschränkten Zahlen von Messungen begründet ist. Das von ELSASSER aufgestellte Prinzip der endlichen Klassen unterrichtet uns über die Beschränkung der strukturellen Bestimmtheit lebender Organismen. Die molekularen Strukturen lebender Organismen seien indeterminiert. In beiden Fällen wird der offensichtlich werdende innere Widerspruch auf eine Beziehung zwischen dem beobachteten Geschehen und dem Beobachtungsmittel zurückgeführt. Die Interpretation dieser Sachverhalte durch Rückführung auf die Beziehungen zum Beobachter hat jedoch [115] einen rationellen Kern. Betrachten wir die Wechselbeziehung des Meßinstrumentes mit dem Objekt als Moment der Wechselbeziehung des Systems mit seiner Umwelt überhaupt, dann ist die Wechselbeziehung zwischen atomaren Teilchen und dem Meßinstrument als ein Spezialfall des allgemeinen Zusammenhangs der Dinge und Erscheinungen in der objektiven Realität aufzufassen. Für die Biologie ist es eine schon lange anerkannte Tatsache, daß die Isolierung eines biologischen Objekts von seiner Umwelt sowie eines Teiles aus dem Ganzen immer nur relativen Charakter haben kann. Dieser Tatsache, daß ein System stets im allgemeinen Zusammenhang steht, in enger Abhängigkeit und Wechselbeziehung mit seiner Umwelt, war man sich in der Biologie schon immer mehr als in der Physik bewußt. An verschiedenen Stellen betonen wir, daß diese allgemeine Feststellung durch die moderne Forschung vor allem mit Isotopen noch vertieft wurde, daß wir diese Einheit bis hin zum Molekül zu berücksichtigen haben.

Die Untersuchungen *mit durch Isotope markierten Aminosäuren zeigen, daß gerade die eiweißartigen Körperbausteine und mit ihnen die Enzyme sich in einem dauernden Umbau befinden*. Die theoretische Physik und die theoretische Biologie kehren hier in gewisser Weise zu Auffassungen des HERAKLIT zurück. Die Überlegungen zeigen, daß ein vereinfachter Begriff des Stoffwechsels, der diesen nur als Nahrungsaufnahme Assimilation und Energieproduktion erfaßte, nicht ausreicht. Die Auffassung vom dynamischen Zustand des Organismus läßt alle Stoffe des Organismus in ständiger Bewegung und Veränderung erscheinen. Dieser neue Gesichtspunkt, von dem aus wir heute den Stoffwechsel verstehen, vervollkommnet ebenfalls unsere Auffassungen, die wir

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

über die Beziehungen des lebenden Organismus zu seiner Umwelt haben. Die Notwendigkeit der Einheit von Organismus und Umwelt ist eine der Grundthesen der Biologie und in Übereinstimmung mit den einzelwissenschaftlichen Erfahrungen eine der Grundthesen des dialektischen Materialismus, die bewußt macht, daß der lebende Organismus nur in Betrachtung dieser dialektischen Einheit verständlich ist.
Die Vervollkommnung unserer Auffassungen von den Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt aus dem neuen Verständnis des Stoffwechsels besteht darin, daß der *Grundsatz von der Einheit des Organismus mit seiner Umwelt sich nicht nur auf das lebende Ganze, sondern auch auf alle seine Teile bezieht*. Diese entscheidende Erkenntnis ergibt sich für die Biochemie aus der Erkenntnis der ständigen Wechselwirkung der Stoffe. „So betrachtet", schreibt STRAUB, „die Biochemie ihre Aufgabe mit der Erkenntnis der Eigenschaften der Proteine, die aus einem Organismus isoliert wurden, noch nicht als gelöst, vielmehr hält sie für nötig zu untersuchen, welchen Wechselwirkungen und Umwandlungen das Eiweiß im Lebenden an seinem ursprünglichen Platz ausgesetzt ist und sein Verhalten in seinem Milieu als Einheit zu beobachten." (**163**, S. 17.)

Die Kategorie des allgemeinen Zusammenhanges kann hier nicht mehr unberücksichtigt bleiben. Sie gewinnt auch Bedeutung bei der Lösung des Problems des Dualismus von Welle und Korpuskel. Der Korpuskelbegriff ist eine Abstraktion aus einer Vielzahl von Experimenten, bei der vom allgemeinen Zusammenhang, der konkreten Situation, in der sich das Teilchen befindet, abstrahiert wird. In jedem konkreten Fall, das heißt in jeder realen Situation, müssen sich auch die Eigenschaften bemerkbar machen, von denen abstrahiert wurde. Die von uns beschriebenen großartigen Experimente von [116] DAVISON und GERMER (vgl. S. 113) haben bewiesen, daß ein Elektron keine einfache Korpuskel ist, sondern gewissermaßen Welle und Korpuskel zugleich. Das gleiche gilt, wie spätere Experimente zeigten, für das Proton oder Neutron. Die Experimente bewiesen die von DE BROGLIE schon früher geäußerte Vermutung, daß der bereits beim Licht nachgewiesene Doppelcharakter eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist und es demnach möglich sein müßte, den Wellenaspekt auch bei Stoffpartikeln nachzuweisen.

DE BROGLIE ging von der EINSTEINschen Lichtquanten-Vorstellung aus, nach der das als Wellenbewegung bekannte Licht von der Schwingungszahl $\nu$ aus masselosen Teilchen der Energie $E - h \cdot \nu$ besteht, die sich mit der Lichtgeschwindigkeit $c$ bewegen. Analog postulierte DE BROGLIE, daß Stoffkorpuskeln eine Wellenbewegung entspricht. Er berechnete unter Benutzung der Relativitätstheorie, daß Elementarteilchen der Masse $m$, die sich mit der Geschwindigkeit $\nu$ bewegen, einer Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{m \cdot \nu}$ entsprechen. Die Materiewellen der Elektronen wurden 1927 von DAVISON und GERMER mit der von DE BROGLIE angegebenen Wellenlänge nachgewiesen.

Es gehört zu den Eigenschaften der Materiewelle oder De-Broglie-Welle, daß ihre Wellenlänge sehr klein ist, da sie sich umgekehrt proportional zu Masse und Geschwindigkeit der Elementarteilchen verhält. Unter gewöhnlichen Bedingungen sind daher die Welleneigenschaften der Stoffpartikel nicht zu beobachten. Wenn Licht mit irgendeinem Objekt in Wechselwirkung tritt, macht sich seine Wellennatur um so deutlicher bemerkbar, je größer seine Wellenlänge im Vergleich zu den Abmessungen dieses Körpers ist. Die Wellennatur der Materie macht sich entsprechend um so stärker bemerkbar, je größer die Wellenlänge der Materiewelle ist. Diese Wellenlänge ist bei den gewöhnlichen groben Körpern außerordentlich klein, und daher ist bei diesen Körpern von der Wellennatur nichts zu merken. Damit ist auch deutlich gesagt, wann der klassische abstrakte Korpuskelbegriff angewendet werden kann: nur wenn die Wellenlänge gegenüber den anderen im Prozeß vorkommenden Längen genügend klein ist. Damit sind also genau die Bedingungen angebbar, bei denen der abstrakte Korpuskelbegriff anwendbar ist. Das Entscheidende in unserem Zusammenhang ist, daß die Länge (die de Broglie-Wellenlänge) gerade einen Einblick darin gibt, wie groß der Bereich ist, der in den allgemeinen Zusammenhang der Dinge und Erscheinungen einbezogen werden muß.

Damit ist eine für den atomaren Bereich gültige Präzisierung der Kategorie des allgemeinen Zusammenhanges gegeben. Die Kategorie des allgemeinen Zusammenhanges hat, wie wir

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

schon hervorhoben, entscheidende Bedeutung in der Biologie zur Lösung des für das Lebende wesentlichen Problems der Beziehungen des Ganzen zu seinen Teilen und zur Lösung des Mechanismus-Vitalismus-Streites im allgemeinen. Zur letzteren Problematik sind folgende Ausführungen von NETTER in seiner „Theoretischen Biochemie“ von Interesse. Er schreibt: „*Die Abgrenzung zwischen beiden Betrachtungsweisen ist sicherlich als das Hauptproblem. einer theoretischen Biologie zu prä*-[117]*zisieren*.“ Er fügt dann hinzu: „Ob aber die Lösung des alte Mechanismus-Vitalismus-Streites wirklich durch Herausstellung eines exakten Gesetzes, bzw. einer übergeordneten Erkenntnis in ähnlicher Weise wie die Schlichtung der Newton-Huygens-Gegensätzlichkeit durch die de Broglesche Materienwellen-Gleichung und die Heisenberg-Relation möglich ist und eine entscheidende Förderung unserer Wege zur Erkenntnis biologischen Geschehens bedeutet, das ist eine Frage, die nur nach tieferer Erkenntnis vom Wesen des Lebendigen beantwortet werden kann, als sie mit unserer heutigen Denkweise erschlossen wird.“ (NETTER, **112**, S. 4 f.)

Der Biologe ist also aufgefordert, noch tiefer in das Wesen des Lebendigen einzudringen, wobei ihm möglicherweise bestimmte Erfahrungen aus der Entwicklung der Quantenphysik nützlich sein können. So schreibt auch FUCHS in diesem Zusammenhang: „Nachdem es durch die Quantenmechanik gelungen ist, eine zwar nur für die atomare Bewegungsform gültige, aber in diesem Rahmen exakte mathematische Formulierung des Begriffs des allgemeinen Zusammenhangs der Erscheinungen zu finden, sollte es möglich sein, auch bei einer höheren Bewegungsform, nämlich der biologischen, diese Kategorie so zu präzisieren, daß dadurch das Problem der Beziehungen des Ganzen zu seinen Teilen gelöst werden kann. Eine eingehendere philosophische Analyse des entsprechenden Problems in der Quantenmechanik würde sicher wertvolle Hinweise ergeben.

Für die biologische Bewegungsform ist doch wohl bezeichnend, daß einerseits bestimmte komplexe Atomgruppen (z. B. die Gene) für die Entwicklung des Ganzen bestimmend werden können, daß andererseits aber auch das Ganze für die Entwicklung der Teile bestimmend werden kann. Ich erinnere nur an die bekannten Experimente von DRIESCH, welche ihn zu seinen vitalistischen Auffassungen verführt haben. Offensichtlich liegt hier eine qualitativ neue Form des allgemeinen Zusammenhangs der Erscheinungen vor.“ (**39**, S. 65.)

Das Problem der Komplementarität in der Biologie war gestellt, indem man an der Grundthese festhielt, daß im Organismus die physikalischen Gesetze immer ihre Gültigkeit behalten, und nun die Frage gestellt wurde, wie es möglich ist, daß biologische Gesetze „hinzugefügt“ werden können, wenn die Gesetze der Quantenphysik allgemeingültig sind und biologische Gesetze nicht einfach Spezialisierungen dieser Gesetze sind. BOHR, HEISENBERG, ELSASSER u. a., die hier als Vertreter der Komplementaritätskonzeption angeführt wurden, sahen die Lösung des Problems in einem gewissen agnostizistischen Element. Sie sprachen davon, daß ein Verzicht auf volle physikalische Erkenntnis Raum lasse für andere physikalisch nicht mehr ableitbare Gesetze (solche Gesetzmäßigkeiten bezeichnet ELSASSER als „biotonische Gesetze“).

Das Lebewesen ist jedoch weder ein „reiner“ Automat noch ein „rein“ biologisches Wesen, sondern etwas Drittes. Dieses Dritte ist jedoch nicht prinzipiell unerkennbar. Es geht nicht um einen Verzicht an Erkenntnis, sondern, wie wir sagten und glauben nun deutlich gemacht zu haben, um [118] eine Änderung unserer Vorstellungen vom biologischen Vorgang. So wie das Elementarteilchen in seiner widersprüchlichen Natur erfaßt werden mußte, so muß auch das Lebewesen in seiner widersprüchlichen Existenz verstanden werden. Die Quantenphysik konnte uns methodisches Vorbild sein, insofern man hier erkannte, unter welchen Bedingungen die klassischen Begriffe ihre Gültigkeit haben (Korrespondenzprinzip) und inwieweit die gewöhnlichen Begriffe unserer Anschauung modifiziert werden müssen. Wird der abstrakte Begriff eines

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

„rein“ physikalisch-chemischen Prozesses gebildet, haben wir ein technisches Modell der Lebensprozesse, so ist dabei auch von der konkreten Situation abstrahiert worden. Es ist abstrahiert worden von dem allgemeinen Zusammenhang der Dinge und Erscheinungen. Hier liegt m. E. der rationelle Kern der angeführten Ausführungen von WIESER (vgl. S. 110). Kehrt man mit abstrakten Begriffen des „rein“ physikalisch-chemischen Vorgangs in das reale konkrete Lebensgeschehen zurück, werden sich die Zusammenhänge bemerkbar machen, von denen zuvor abstrahiert wurde. In diesem Sinne war unsere These aufzufassen, daß das Ganze als etwas zu verstehen ist, das den Begriff des „rein“ physikalisch-chemischen Vorgangs, den Begriff des „reinen“ Automaten modifiziert. Es ist daher notwendig, daß man von vornherein nicht mit den Begriffen des „reinen“ physikalisch-chemischen Prozesses oder des „rein“ biologischen Prozesses an das Lebensgeschehen herangeht. Man muß auch hier darauf gefaßt sein, daß die gewohnten Begriffe unserer Anschauung modifiziert werden müssen. Das reaktionäre Festhalten an alten Begriffen ist kennzeichnend für den Mechanismus, Vitalismus und Positivismus.

### 3.3. Komplementarität der Raum-Zeit-Beschreibung und der Kausalität oder Anerkennung objektiver Möglichkeiten

Die methodologische Analogie zur erkenntnistheoretischen Situation in der Quantenphysik erweist sich nach dem Gesagten als durchaus fruchtbringend. Ob damit auch die Übernahme genügend verallgemeinerter Begriffe, wie den der Komplementarität, von einer wissenschaftlichen Disziplin in eine andere (die Möglichkeit solcher Begriffsverallgemeinerungen hat in jüngster Zeit die Kybernetik gezeigt) günstig ist, bedürfte der weiteren Diskussion. Es zeigte sich, daß hier die Dialektik nicht voll entfaltet ist und die Komplementaritätskonzeption daher den Boden für subjektivistische Auffassungen bietet. Methodisch fruchtbar für die Biologie können nun wiederum die Bemühungen zur Überwindung der Schwächen dieser Konzeption sein. Solche Bemühungen gehen vor allem von einer Reihe sowjetischer Physiker aus. Dabei geht es insbesondere um die Frage der Interpretation der Wellenfunktion, die Ausdruck für die verschiedenen Möglichkeiten ist, die es nach den quantenmechanischen Gesetzen gibt. Trifft in einem Experiment ein Neutron auf einen Bor-Kern und dringt in den Kern ein, so daß er zerfällt, dann gibt es zwei Möglichkeiten. Die eine Möglichkeit ist, daß ein [119] Proton emittiert wird und ein Beryllium-Kern entsteht. Die andere Möglichkeit ist, daß ein $\alpha$-Teilchen emittiert wird und ein Lithium-Kern entsteht. Die beiden Möglichkeiten schließen einander gegenseitig aus. Ist das eine Zerfallsprodukt ein $\alpha$-Teilchen, so muß das andere ein Lithium-Kern sein, es kann nicht Beryllium sein. Wieder stehen wir vor einer Situation, einander ausschließende Möglichkeiten theoretisch erfassen zu müssen.

Die Quantentheorie ist in der Lage, das, was aus einem solchen Prozeß resultiert, als Mischung dieser zwei einander ausschließenden Möglichkeiten zu beschreiben. Anschaulich, d. h. im Sinne der klassischen Physik, ist dies nicht vorstellbar, denn in jedem Einzelfalle ist immer nur eine der beiden Möglichkeiten realisiert. Mathematisch jedoch ist dies durch eine Linearkombination der Lösungen, die den beiden Möglichkeiten entspricht, logisch widerspruchsfrei zu machen.

Die verschiedenen Möglichkeiten, die es nach den quantenphysikalischen Gesetzen gibt, schließen einander gegenseitig aus. In einem konkreten Einzelfall kann immer nur eine der beiden genannten Möglichkeiten realisierte Wirklichkeit werden. Die entscheidende Frage ist, welche der Möglichkeiten im Einzelfall verwirklicht wird. Die zunächst weitverbreitete subjektivistische Deutung dieser Tatsachen ist heute, auch unter dem Einfluß der Kritik marxistischer Einzelwissenschaftler und Philosophen, weitgehend korrigiert worden. Am deutlichsten wird die Entwicklung in den Auffassungen der Vertreter der „Kopenhagener Deutung der Quantentheorie“ in der ausgezeichneten philosophischen Schrift HEISENBERGs „Physik und Philosophie“ (**50**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Hier wird der Versuch unternommen, die Objektivität der verschiedenen Möglichkeiten anzuerkennen. Es wird der Begriff der Potentialität als eine ontologische Kategorie eingeführt. Dieser Gedanke wird durch das Nachwort von NORTHROP zu der Arbeit von HEISENBERG noch verstärkt (**50**).

Die zunächst verbreitete subjektivistische Deutung dieser Tatsachen ging dagegen von folgenden Überlegungen aus: Welche der Möglichkeiten realisiert worden ist, wird uns durch die Theorie nicht gesagt. Es muß ein Experiment durchgeführt werden, um nachzusehen, was wirklich passiert ist. Das Experiment ist jedoch mit einem störenden Eingriff verbunden, so daß nicht das beobachtet werden kann, was nach dem Prozeß gegeben war, sondern das, was durch den Eingriff entstanden ist. Nach dieser subjektivistischen Deutung ist die Frage, welche der beiden Möglichkeiten wirklich realisiert worden ist, auf Grund einer prinzipiellen Grenze unserer Erkenntnismöglichkeit nicht zu beantworten. Wir erfahren danach niemals, was wirklich geschieht, sondern haben es immer nur mit den Resultaten unserer Experimente zu tun.

Aus dem oben geschilderten Zwiespalt ergibt sich, wie HEISENBERG schrieb, die Notwendigkeit, bei der Beschreibung atomarer Vorgänge einen Schnitt zu ziehen zwischen den Meßapparaten des Beobachters, die mit den klassischen Begriffen beschrieben werden, und dem Beobachtungsobjekt, dessen Verhalten durch eine Wellenfunktion dargestellt wird. Während nun [120] sowohl auf der einen Seite des Schnittes, die zum Beobachter führt, wie auf der anderen, die den Gegenstand der Beobachtung enthält, alle Zusammenhänge scharf determiniert sind – hier durch die Gesetze der klassischen Physik, dort durch die Differentialgleichungen der Quantenmechanik –, äußert sich die Existenz des Schnittes doch im Auftreten statistischer Zusammenhänge. An der Stelle des Schnittes muß nämlich die Wirkung des Beobachtungsmittels auf den zu beobachtenden Gegenstand als eine teilweise unkontrollierbare Störung aufgefaßt werden. Dieser prinzipiell unkontrollierbare Teil der Störung, die ja mit jeder Beobachtung notwendig verknüpft ist, wird in mehrfacher Weise wichtig. Einmal ist er der Grund für das Auftreten statistischer Naturgesetze in der Quantenmechanik. Dann führt er zu einer Schranke für die Anwendbarkeit der klassischen Begriffe. Es stellt sich heraus, daß die Genauigkeit, bis zu der klassische Begriffe sinnvoll zur Beschreibung der Natur verwendet werden können, durch die sogenannte Unbestimmtheitsrelation beschränkt ist.“ (**51**, S. 48 f.)

Diese Auffassung führt zu der von HEISENBERG in folgender Übersicht (**48**, S. 40) veranschaulichten, und wie wir sehen, von all den hier zur Debatte stehenden Theoretikern anerkannten (wenn auch nicht immer ausdrücklich formulierten) These von der Komplementarität der Raum-Zeit-Beschreibung und der Kausalität.[1]

| Klassische Theorie | Quantentheorie | |
|---|---|---|
| | entweder | oder |
| Raum-Zeit-Beschreibung, Kausalität | Raum-Zeit-Beschreibung, Unbestimmtheitsrelation | mathematisches Schema nicht in Raum und Zeit, Kausalität |

Aus dem Schema ist ersichtlich, daß hier nur noch von Beschreibungsweisen die Rede ist, nicht mehr von realen Vorgängen in Raum und Zeit. In der klassischen Physik wird eine ob-

[1] Es ist heute jedoch eine wesentliche Entwicklung in den Auffassungen von Vertretern der Kopenhagener Schule zu verzeichnen. Wie FOCK (**36**) berichtet, hat sich z. B. der hervorragendste Vertreter und Gründer der Kopenhagener Schule, NIELS BOHR, in der Diskussion mit sowjetischen Physikern einem materialistischen Standpunkt genähert und sich entschieden gegen den Positivismus ausgesprochen. Er war durchaus bereit, den, wie er sagte „unglücklichen“, Begriff der „unkontrollierbaren Wechselwirkung“, der die Unstimmigkeiten überdecken soll, die entstehen, wenn klassische Begriffe außerhalb ihres Anwendungsbereiches verwendet werden, aufzugeben. Er zeigt sich auch damit einverstanden, zwischen dem allgemeinen Kausalprinzip und dem Determinismus Laplaceschen Typs zu unterscheiden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

jektive kausale Beschreibung der Erscheinungen in Raum und Zeit anerkannt. Sie wird anerkannt, weil man hier, wie wir uns erarbeitet hatten, von der Störung durch die Beobachtung absehen bzw. diese als unendlich klein betrachten kann.

[121] Für die Quantenphysik soll nun ein Entweder-Oder gelten. Das heißt: *Entweder* Beschreibung der realen Erscheinungen in Raum und Zeit, dann macht aber die endliche Größe des Wirkungsquantums und die damit verbundene Wechselwirkung mit dem Gerät die Laplacesche Form der kausalen Beschreibung unmöglich; *oder* Verzicht auf die Beschreibung der Erscheinungen in Raum und Zeit, eine Beschreibung nur mit Hilfe des mathematischen Apparates (*mit der ψ-Funktion*). Die Wellenfunktion tritt in Form einer Bewegungsgleichung auf, ähnlich der der klassischen Mechanik, mit der sich der mechanische Determinismus darstellen ließ. Auf diese Weise hätte man wieder die Möglichkeit einer kausalen Beschreibung im Sinne von LAPLACE gewonnen. Denn die Wellenfunktion ist durch das Vorangegangene eindeutig bestimmt. In Wirklichkeit aber handelt es sich hier um eine ganz formale Analogie zum LAPLACEschen Determinismus, nur um eine Anerkennung in Worten, die darauf beruht, daß jetzt wieder eine Differentialgleichung auftritt. Man konnte den mechanistischen Determinismus in Differentialgleichungen darstellen, aber es wurde dabei immer vorausgesetzt, daß sie sich auf einen realen Vorgang in der Natur beziehen. Hier dagegen besteht eine völlige Trennung von den wirklichen Vorgängen in Raum und Zeit gegenüber dem mathematischen Apparat; dieses Entweder-Oder ist also falsch. Von wirklicher Kausalität bzw. Gesetzmäßigkeit kann man nur dann sprechen, wenn man die Beschreibung in Raum und Zeit mit einbezieht, d. h. den mathematischen Apparat auf das Naturgeschehen anwendet. Der Begriff Kausalität wird hier so verwendet wie in der dargestellten Übersicht. (Der Begriff Kausalität wird identifiziert mit dem Begriff der Gesetzmäßigkeit. Wir werden später sehen, daß man klar zwischen den beiden Kategorien unterscheiden muß, vgl. S. 184 f.)

Wenn der mathematische Formalismus auf das Naturgeschehen bezogen wird, d. h., wenn man die Beschreibung in Raum und Zeit mit einbezieht, dann kommt man zu dem Ergebnis, daß die Wellenfunktion Ausdruck eines objektiven gesetzmäßigen Zusammenhangs ist, der das potentiell Mögliche widerspiegelt.

Es ist vor allem FOCK (**36**), der darauf hinweist, daß verschiedene Möglichkeiten anzuerkennen sind. Macht man den Begriff der Möglichkeit zum Kern der theoretischen Interpretation, so läßt sich die viel diskutierte Paradoxie des Welle-Korpuskel-Dualismus lösen. Es wird dann klar, daß es sich nicht um einen Dualismus, sondern um zwei mögliche Erscheinungsformen der gleichen physikalischen Realität handelt, wie HEISENBERG in neueren Arbeiten hervorhebt. Er schreibt: „Die einander scheinbar widersprechenden Bilder, die sich in der Deutung atomphysikalischer Experimente ergaben, führten zunächst dazu, den Begriff der ‚Möglichkeit', der nur potentiellen ‚Wirklichkeit' zum Kern der theoretischen Interpretation zu machen. Damit wurde der Gegensatz zwischen dem materiellen Teilchen der Newtonschen Physik und dem Kraftfeld der Faraday-Maxwellschen Physik gelöst; beide sind mögliche Erscheinungsformen der gleichen physikalischen Realität. Der [122] Gegensatz zwischen Kraft und Stoff hat seine prinzipielle Bedeutung verloren." (**52**, S. 104.)

Die Anerkennung verschiedener objektiver Möglichkeiten führt zu einer Präzisierung des Determinismusbegriffs bzw. zu einer prinzipiellen Überwindung der mechanistischen Determinismuskonzeption. Die Anerkennung des objektiven Charakters der Möglichkeiten entspricht auch dem dialektisch-materialistischen Materiebegriff, der davon ausgeht, daß die Materie in ihrer widersprüchlichen Bewegung unendliche Entwicklungsmöglichkeiten besitzt.

Diese Konzeption ist, wie wir im weiteren herausarbeiten wollen, ebenfalls für die Biologie wichtig. Ich möchte zunächst jedoch noch zeigen, daß sich die Auffassungen von ELSASSER in einer der Heisenbergschen entsprechenden Übersicht zusammenfassen lassen. Es

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

wird dabei gleichzeitig deutlich, daß, obwohl die Begriffsbildung „Komplementarität der Raum-Zeit-Beschreibung und der Kausalität“ von ELSASSER nicht benutzt wird, obwohl überhaupt andere, der Problematik Automat und Organismus entsprechende Termini benutzt werden, doch die gleiche Fragestellung vorliegt. Es ist damit evident, daß die bisherige Kritik an dieser Auffassung im Bereich der Quantenphysik in gleichem Maße gültig ist gegenüber den Darstellungen im Bereich der Biologie in bezug auf die methodisch vergleichbare Problematik der Beziehungen zwischen Automaten und Lebewesen.

| Theorie der Automaten | Theorie des Organismus | |
|---|---|---|
| | entweder | oder |
| Beschreibung mechanischen Verhaltens, Kausalität | Beschreibung mechanischen Verhaltens durch Modelle, Prinzip endlicher Klassen | Beschreibung biotonischen Verhaltens, phänomenologische Kausalität |

Um Mißverständnissen vorzubeugen, wollen wir hervorheben, daß ELSASSER seine Auffassungen nicht in einer solchen Übersicht geordnet hat, sie ergibt sich aber zwanglos aus seinen Darlegungen. Mit der Übernahme des Komplementaritätsprinzips in die biologische Forschung übernimmt er also auch die Auffassung von der Komplementarität der Raum-Zeit-Beschreibung und der Kausalität, wenn er dies auch nicht ausdrücklich formuliert. Es ist evident, daß eine Kritik der Auffassung der Komplementarität der Raum-Zeit-Beschreibung und der Kausalität in der Physik in gleicher Weise auf die hier für den Bereich lebender Systeme vorgetragene Auffassung zutrifft.

Aus dem Schema ist ersichtlich, daß auch hier nur von den Beschreibungsweisen die Rede ist, nicht von den realen Vorgängen in Raum und Zeit und nicht von der Kausalität bzw. vom Gesetz als einem objektiv realen Zusammenhang. Für den Bereich des Automaten wird, wie uns der erste Teil des Schemas zeigt, eine objektive kausale Beschreibung in Raum und Zeit [123] angenommen, weil hier von einer Störung durch die Beobachtung abgesehen werden kann.

*Für den Bereich der Lebewesen soll nun ein Entweder-Oder gelten*. *Entweder* erfolgt die Beschreibung der realen Lebensprozesse in Raum und Zeit mit Hilfe kybernetischer Geräte bzw. kybernetischer Netzwerke als Modelle oder mit den ihnen homomorphen mathematisch-logischen Operationen. Dann macht die Vielzahl der dazu notwendigen Messungen, die damit verbundene Wechselwirkung mit dem Meßgerät der Laplaceschen Form der Determiniertheit ein Ende, worüber uns das Prinzip der endlichen Klassen unterrichtet. *Oder* wir verzichten auf eine Beschreibung in Raum und Zeit, auf eine genaue Beschreibung biologischer Prozesse in Begriffen molekularer Wechselwirkung, dann haben wir nur die Möglichkeit einer phänomenologischen Beschreibung. Man müsse dabei zurückkehren zu einer mehr phänomenologischen Konzeption der Kausalität.

ELSASSER schreibt: „Ohne unsere spätere Diskussion vorwegnehmen zu wollen wird klar, daß wir die Konzeption der Kausalität analysieren müssen. Es folgt aus dem Vorangegangenen, daß die Kausalität in der embryonalen Entwicklung nicht völlig mit der mechanischen Kausalität identifiziert werden kann (ausgedrückt durch Differentialgleichungen zweiter Ordnung), welche den Hintergrund der klassischen Physik bildet, sonst würden wir in den Präformismus, wie er oben formuliert wurde, zurückfallen.“ (**31**, S. 14.)
Letzteres ist eine außerordentlich wichtige und tiefe Erkenntnis, die voll mit der hier vertretenen dialektisch-materialistischen Auffassung über die Determination der Embryogenese übereinstimmt, vgl. S. 222 f. ELSASSER kommt dann zu der Aussage, daß das embryonale System zwar streng kausal sei, aber einer Verallgemeinerung der Kausalitätskonzeption bedarf (**31**, S. 168). Die Verallgemeinerung der Kausalität soll so durchgeführt werden, daß unter Kausalität zwar eine notwendige Beziehung zwischen Ursache und Wirkung zu verstehen sei, aber nicht in direkter zeitlicher Abhängigkeit.
Er schreibt im Zusammenhang mit dem Problem der Embryonalentwicklung: „Beim Studium dieser Frage bemerken wir bald, daß hier die Konzeption der Kausalität notwendig in einem weiteren Sinne gebraucht werden muß als in der klassischen Mechanik, wo der Zustand eines Systems durch einen in einem kurzen Zeitabschnitt vorangegangenen Zustand bestimmt wird. Wir müssen zurückkehren zu einer mehr ‚phänomenologischen‘

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Konzeption der Kausalität ... Man spricht von einer kausalen Verbindung, wenn ein Phänomen unveränderlich (gleichbleibend) verbunden ist mit einem bestimmten in der Zeit vorhergehenden.“ (**31**, S. 168.)
ELSASSER vermerkt in einer Fußnote (**31**, S. 17), daß Professor BRILLOUIN das Manuskript seines Buches gelesen habe und der Meinung sei, der Begriff der „Kausalität“ sollte streng bewahrt bleiben für das, was ELSASSER Newtonsche Kausalität nennt, und für das, was er verallgemeinerte Kausalität nennt, sollte ein neuer Begriff angewendet werden. Dies bedürfe jedoch noch weiterer Diskussion.
Hier ist nochmals klar ausgesprochen und sogar gefordert, daß der Begriff der Kausalität mit der klassischen Vorstellung vom Gesetz identifiziert wird.
Aber auch die Auffassung von einer verallgemeinerten Kausalität im Sinne ELSASSERs als einer notwendigen Beziehung zwischen Ursache und Wirkung, die jedoch in keiner direkten zeitlichen Abhängigkeit stehen, geht weiterhin aus von einer Identität des Gesetzes mit dem Kausalzusammenhang. Wenn hier von erweiterter Kausalität gesprochen wird, soll damit gesagt werden, daß es auch in der Embryonalentwicklung gesetz-[124]mäßig zugeht, wenn auch nicht im Sinne Newtonseher Gesetze. Eine ähnliche Auffassung wie ELSASSER vertritt auch BORN. Er erläutert sie an folgendem Beispiel: Der Satz: „Das kapitalistische System ist die Ursache von Wirtschaftskrisen“ ist ein Gesetz unabhängig vom Zeitverlauf. Der Satz: „Die Wirtschaftskrise von 1930 wurde durch eine Panik an der New Yorker Börse verursacht“ sagt aus, daß ein bestimmtes Ereignis in der Zeit die notwendige Folge eines anderen bestimmten Ereignisses war. Letzteres ist charakteristisch für die Newtonsche Kausalität, während ersterer Satz eine Aussage macht, der einer verallgemeinerten Auffassung von der Kausalität zugrunde liegt.“ (Vgl. **19**, S. 101.)

Eine solche Konzeption gründet sich darauf, daß im biologischen Bereich in der Tat eine besondere Art der Beziehungen zwischen Zuständen eines biologischen Systems nachgewiesen werden kann. Das biologische System ist in einem früheren Zustand $t_1$ eine Keimzelle und in einem späteren Zeitpunkt $t_2$ ein ausgewachsener Organismus, z. B. ein Hund. Die Beziehung zwischen den beiden Zuständen ist eine wesentliche und allgemeinnotwendige Beziehung, also liegt ein gesetzmäßiger Zusammenhang vor. Unter der Voraussetzung der mechanistischen Gleichsetzung von Kausalität und Gesetz, worauf wir im weiteren noch eingehen werden, kann daher ELSASSER hier wieder davon sprechen, daß Kausalität in einem erweiterten Sinne vorliegt. Aus der Keimzelle eines Hundes wird sich keine Katze oder gar ein Elefant entwickeln. Aus der Keimzelle einer bestimmten Art wird auch diese wieder entstehen.

Kenntnis über den zukünftigen Zustand $t_2$ können wir entweder dadurch gewonnen haben, daß wir warteten, bis das biologische System ihn erreicht hat, daß man also die Keimesentwicklung bis zum erwachsenen Organismus verfolgt, oder der zukünftige Zustand $t_2$ ist dem Beobachter durch den Vergleich mit anderen Mitgliedern der Art schon bekannt. Das biologische Verhalten wird hier rein phänomenologisch beschrieben. Diesen Fall von Beziehungen zwischen Zuständen eines biologischen Systems hat ELSASSER im Auge, wenn er von phänomenologischer Kausalität spricht.

Daß hier wieder von Kausalität gesprochen wird, hat seinen Grund nur darin, daß wieder eine wesentliche allgemeinnotwendige Verbindung zwischen zwei Zuständen eines Systems (Keimzelle – erwachsener Organismus) vorliegt, so wie die SCHRÖDINGER-Gleichung, die den Zustand des physikalischen Systems in einem früheren Zeitpunkt $t_1$ mit dem Zustand zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt $t_2$ in Beziehung setzt.

Diese völlige Trennung von mathematischem Apparat bzw. phänomenologischer Beschreibung und den wirklichen Vorgängen in Raum und Zeit ist jedoch nicht richtig.

Dieses Entweder-Oder ist unzureichend. *Der lebende Organismus ist nicht entweder ein Automat oder ein „rein“ biologisches Geschehen,* sondern er ist weder Automat noch ein „rein“ biologischer Vorgang.

So haben wir auch nicht entweder eine Beschreibung in den Begriffen des „reinen Automaten“ oder eine phänomenologische Beschreibung „rein biologischer“ Vorgänge.

Es sei nochmals betont, daß wir von wirklicher Gesetzmäßigkeit (Kausalität) nur dann sprechen können, wenn man die Beschreibung in Raum und [125] Zeit mit einbezieht. Doch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

auch, wenn die Eigenschaften eines biologischen Systems in dem früheren Zustand $t_1$ (der Keimzelle) gegeben sind, so war noch kein Beobachter in der Lage, auch nicht der ideale Beobachter des LAPLACE, die Eigenschaften des erwachsenen Organismus, z. B. des Elefanten, aus der Kenntnis des Ursprungszustandes deduktiv nachzuweisen, also $t_2$ aus $t_1$ vorauszusagen. (Wir werden die Unmöglichkeit eines solchen Unternehmens, auf die wir schon mehrfach hingewiesen haben, im nächsten Abschnitt durch die Untersuchung konkreter naturwissenschaftlicher Ergebnisse und weiterer theoretischer Überlegungen weiterhin zu beweisen suchen.) Es liegt also eine gesetzmäßige Beziehung vor, ohne daß der zukünftige Zustand des Systems eindeutig und unabänderlich durch den vorangegangenen bestimmt wäre. Auch hier wird der Begriff der potentiellen Möglichkeit als einer objektiven Kategorie wichtig. Es tritt ein neuer Typ der Gesetzmäßigkeit auf, der sich auf das objektiv Mögliche bezieht. Das Gesetz gibt keine eindeutige unveränderliche Beziehung zwischen Anfangs- und Endzustand, aber es verbindet eindeutig die Wahrscheinlichkeiten des Verhaltens miteinander. Es geht also nicht nur um eine rein phänomenologische Beschreibung biologischer Sachverhalte. Von Gesetz (bzw. Kausalität) kann man auch hier nur sprechen, wenn das Geschehen in Raum und Zeit mit einbezogen ist. Wenn das geschieht, beziehen sich die gesetzmäßigen Zusammenhänge der Ontogenese auf das potentiell Mögliche.

Werden verschiedene objektive Möglichkeiten anerkannt, so führt dies zu einer neuen Auffassung von der Determiniertheit, der mechanische Determinismus wird damit grundsätzlich überwunden.

Es zeigt sich ganz deutlich, daß die erkenntnistheoretischen Erfahrungen der Quantenphysik, als methodologisches Mittel benutzt, deshalb fruchtbar sein konnten, weil in der Tat eine methodisch vergleichbare ontologische und erkenntnistheoretische Situation vorliegt. Die gesamte Determinismusproblematik, die bisher fast immer nur in der Beziehung klassische Physik – Quantenphysik gesehen wurde, zeigt sich nun ganz analog in der Beziehung zwischen technischem Automaten (insbesondere bei festem Übungsverhalten) und lebenden Organismen (vgl. S. 222 f.).

Diese Feststellung mag zunächst außerordentlich erstaunlich sein, denn es wird, zumindest in einem Teil unserer philosophischen Literatur, das Problem so dargestellt, als ob innerhalb der Theorie technischer Automaten selbst schon alle Fragen des dialektisch-materialistischen Determinismus gelöst wurden.

### 3.4. Die Tätigkeit als integrierender Bestandteil des Erkenntnisprozesses

Gegen die Anwendung des Begriffs der Komplementarität in der Biologie, auch in seinem methodologischen Sinne, wird u. a. der Einwand erhoben, daß die Annahme der Störung durch den Meßeingriff beim hochempfind-[126]lichen und hochkomplexen biologischen System zwar naheliegend, aber nicht charakteristisch sei.

Vom Standpunkt dieses Einwandes erscheint die Betonung der Störung durch den Meßeingriff eine Übertreibung der Rolle des Meßgerätes zu sein. Manche Philosophen sehen in dieser Übertreibung der Rolle des Meßgerätes die Hauptursache für das Abgleiten einiger Wissenschaftler in den Subjektivismus. Meiner Ansicht nach muß jedoch die Kritik an einem anderen Punkt einsetzen. Es ist sicherlich richtig, daß die Beobachtung hier einseitig in den Vordergrund gestellt wird. Es nützt jedoch nichts, die Bedeutung des Problems der Störung durch die Beobachtung zu schmälern. Für die Quantenphysik ist von HEISENBERG durchaus sicher gezeigt worden, daß die gesamte sogenannte Ungenauigkeit durch die Störung des Objekts bei der Beobachtung hervorgerufen wird. Die Größen, die die klassische Physik für die Kenntnis des gesamten Verlaufes eines Systems braucht, sind bei quantenphysikalischen Systemen nicht gleichzeitig beobachtbar, sondern nur grob bzw. angenähert. Die Bedingun-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

gen für die genaue Beobachtung eines Impulses und der korrespondierenden Ortskoordinaten sind unvereinbar miteinander. Will man die Ortskoordinaten eines Systems so genau wie nur möglich beobachten, müssen wir das System mit Lichtquellen oder mit anderen Mitteln mit hohem Auflösungsvermögen untersuchen. Einen Körper mit hochfrequentem Licht zu beleuchten bedeutet jedoch, daß dieses System eine Änderung seines Impulses erfährt, die mit der Frequenz zunimmt. Bei niederfrequentem Licht ist auch die Veränderung des Impulses des Systems entsprechend geringer, jedoch besitzt dann das Licht nicht das genügende Auflösungsvermögen, um eine genaue Angabe der Ortskoordinaten zu ermöglichen. Bei der Anwendung einer mittleren Lichtfrequenz ergibt sich eine Verwischung von Ortskoordinaten und Impuls.

Es gibt also im Prinzip, und das bedeutet eine grundsätzliche Beschränkung eines idealen Beobachters wie des Laplaceschen Geistes, keine Beobachtung, die uns genug Information über die Vergangenheit eines Systems bringen könnte, um vollständige Information über seine Zukunft zu erhalten.

Die Beschränkung idealer Beobachtung, die Grenzen für den Laplaceschen Geist, wurden in neueren Untersuchungen auch aus informationstheoretischer Sicht durch die Arbeiten von BRILLOUIN (**20**) gestützt.

BRILLOUIN konnte zeigen, daß es einem idealen Beobachter, wie dem Laplaceschen Geist bzw. seinem „Bruder“ – dem Maxwellschen Dämon – nur gelingen könnte, die molekulare Struktur eines Systems hoher Komplexität genau zu bestimmen, indem er seine eigene Entropie übermäßig vergrößert. Die Arbeiten und Ergebnisse der informationstheoretischen Forschung ergeben also eine beträchtliche Beschränkung der Fähigkeiten des „Laplaceschen Geistes“. Die Unbestimmtheitsrelation von HEISENBERG bzw. das Prinzip der Komplementarität von BOHR (welches die widersprüchliche Beschreibung durch Welle und Korpuskel fordert) sowie die Widerlegung des Dämons von MAXWELL, all das zeigt, daß eine Beobachtung notwendigerweise eine Störung [127] mit sich bringt. Die Bedeutung des Problems kann daher nicht geschmälert werden, die Kritik muß an einem anderen Punkt einsetzen.

*Der grundlegende Irrtum besteht darin, daß man die Tätigkeit des Menschen als etwas ansieht, was unsere Erkenntnis stört, daß man Erkenntnis als eine passive Beobachtung gegebener Objekte auffaßt. Die Kritik muß also an der positiven Rolle der menschlichen Tätigkeit für die Erkenntnis einsetzen.*

Dieser Irrtum ist tief eingewurzelt. Man hört sehr oft die Formulierung: Der Mensch steht der Wirklichkeit passiv als Erkennender und aktiv als Einwirkender gegenüber.

„Jede Versuchsanordnung wird von einer unbestimmbaren Wechselwirkung zwischen dem Meßinstrument und dem zu beobachtenden System begleitet, die zur Folge hat, daß jeder Erwerb einer Kenntnis durch Beobachtung unausbleiblich mit dem Verlust einer anderen Kenntnis bezahlt werden muß. Welche Kenntnis erworben wird und welche andere verlorengeht, bleibt der freien Auswahl des Experimentators zwischen den einander ausschließenden Versuchsanordnungen überlassen ... Dadurch erhält die Beobachtung den Charakter einer irrationalen einmaligen Aktualität mit unvorhersagbarem Resultat.“ (PAULI, **119**, S. 116.)

Es ist ganz klar, und dies wird in der marxistischen Literatur auch immer wieder herausgearbeitet, daß ohne die Anerkennung der objektiven Kausalität und einer objektiven Gesetzmäßigkeit in allen Bereichen der Wirklichkeit die menschliche Tätigkeit ihren Sinn verliert. Für die Diskussion hier ist aber vor allem das erkenntnistheoretische Korrelat wichtig, daß ohne die Tätigkeit des Menschen der Begriff der Kausalität seinen Sinn verliert. Die Einführung des Begriffs der Praxis in die Erkenntnistheorie in den Feuerbachthesen ist der entscheidende und revolutionierende Gesichtspunkt.

Der Gedanke, daß dem Subjekt im Erkennen eine aktive Rolle zukommt, ist mit den Auffassungen KANTs verbunden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

In den Thesen über FEUERBACH stellt MARX fest: „Der Hauptmangel alles bisherigen Materialismus – den Feuerbachschen mit eingerechnet – ist, daß der Gegenstand, die Wirklichkeit, Sinnlichkeit, nur unter der Form des Objekts oder der Anschauung gefaßt wird; nicht aber als menschliche sinnliche Tätigkeit, Praxis, nicht subjektiv. Daher geschah es, daß die tätige Seite im Gegensatz zum Materialismus vom Idealismus entwickelt wurde, aber nur abstrakt, da der Idealismus natürlich die wirkliche, sinnliche Tätigkeit als solche nicht kennt.“ (**104**, S. 376.)

KANT verabsolutierte diese Rolle des Subjekts im Erkenntnisprozeß und gelangte somit zu agnostizistischen Auffassungen.

Der dialektische Materialismus faßt die Widerspiegelung keineswegs als einen passiven Vorgang auf, wie dies der mechanische Materialismus annimmt. Er kann aber die Tätigkeit des Menschen nicht als etwas die Erkenntnis Störendes ansehen, im Gegenteil, die Praxis ist die Grundlage unserer Erkenntnis. Der Unterschied in den Auffassungen des dialektischen Materialismus gegenüber denen ELSASSERs, HEISENBERGs, VON WEIZSÄCKERs usw. liegt nicht darin, daß der subjektive Faktor in der Erkenntnis geleugnet wird. LENIN schreibt: „Das Bewußtsein des Menschen widerspiegelt nicht nur die objektive Welt, sondern es schafft sie auch.“ (**94**, S. 134.)

[128] Der Unterschied besteht nicht darin, daß wir die Rolle der Störung des Objekts bei der Untersuchung leugnen – aber wir widerstreiten, daß dadurch die Erkenntnis unmöglich wird. Für den dialektischen Materialisten führt die Tätigkeit des Menschen zu einer immer tieferen Erkenntnis des „Dinges an sich“ in seine Verwandlung in ein „Ding für uns“ (LENIN, **94**, S. 121), „... zur objektiven Wahrheit durch die ‚Praxis‘ (und die Technik)“.

„... und die metaphysische Verabsolutierung von Momenten des Erkenntnisprozesses unter Vernachlässigung der körperlichen und praktischen Momente jeglicher menschlichen Tätigkeit hat seine Wurzel in der Klassenspaltung und dem mit ihr verbundenen sozialen Gegensatz von körperlicher und geistiger Arbeit. Die bürgerliche Philosophie erhebt das Wesen des Bourgeois zum Wesen des Menschen schlechthin und reduziert dessen Äußerungen auf die geistige Tätigkeit der herrschenden Klasse die innere Einheit von geistigen, körperlichen und praktischen Momenten menschlicher Tätigkeit in ihrer Bedeutung für das Erkennen bleibt wesentlich außerhalb des Blickfeldes“ (FUCHS-KITTOWSKI, M., und R. LÖTHER. **42**, S. 1180).

Die experimentelle Erforschung hochkomplexer Systeme wie Bakterienzellen, Gehirne, d. h. des Lebenden schlechthin, zeigt ganz deutlich den Zusammenhang zwischen experimentell-praktischer Veränderung des Untersuchungsobjektes und seiner theoretischen Erkenntnis. All die angeführten Versuche einer agnostizistischen Deutung, die die Tätigkeit des Menschen als etwas unsere Erkenntnis Störendes ansehen, übersehen, daß immer, auch im Bereich der klassischen Physik, die zu untersuchenden Naturprozesse im Experiment so verändert wurden, daß Zusammenhänge, die als wesentlich ausgezeichnet wurden, gegenüber den als unwesentlich angesehenen Zusammenhängen vermittels der experimentellen Bedingungen deutlicher hervorgehoben und damit erst einer Untersuchung zugänglich gemacht wurden.

ELSASSER und andere von der positivistischen Erkenntnistheorie ausgehende Physiker machen nicht die experimentell bedingte, sondern die reine Beobachtung zum Gegenstand der Überlegungen, was den wirklichen Wert geistiger, wissenschaftlich-theoretischer und praktischer Tätigkeit herabsetzt. „Naturwissenschaft wie Philosophie haben den Einfluß der Tätigkeit des Menschen auf sein Denken bisher ganz vernachlässigt, sie kennen nur Natur einerseits, Gedanken andererseits. Aber gerade die Veränderung der Natur durch den Menschen, nicht die Natur als solche allein, ist die wesentlichste und nächste Grundlage des menschlichen Denkens, und im Verhältnis, wie der Mensch die Natur verändern lernte, in dem Verhältnis wuchs seine Intelligenz.“ (ENGELS, **35**, S. 245.)

Die Vernachlässigung der menschlichen Naturveränderung für die menschliche Erkenntnis ist typisch für die spätbürgerliche Philosophie. Der dialektische Materialismus begründet die Erkennbarkeit der Welt auf der Grundlage der verändernden Tätigkeit des Menschen. Prakti-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sche Tätigkeit, Praxis, ist die sinnlich-gegenständliche, materielle Tätigkeit des Menschen, die Tätigkeit zur Veränderung der objektiven Realität. Ihre grundlegende Form ist die Produktionspraxis und das Experiment.

[129] „Im Unterschied zur primär auf Veränderung gerichteten praktischen Tätigkeit ist die wissenschaftlich-theoretische Tätigkeit primär auf die Erkenntnis der Wirklichkeit gerichtet, auf die begriffliche Widerspiegelung ihrer Gesetzmäßigkeiten in Theorien. Auch der Unterschied zwischen theoretischer und praktischer Tätigkeit ist relativ, theoretische Tätigkeit schließt Praxis als Moment ein, praktische Tätigkeit schließt die Erkenntnis als ihr Moment ein – bekanntlich erwachsen aus dem praktischen Tätigsein Erkenntnisse ...“ (**42**, S. 117.)

Die Bedeutung der praktischen, verändernden Tätigkeit für die Erkenntnis konnte erst vom Standpunkt einer konsequent revolutionären und mit der materiellen Produktion eng verbundenen Klasse erkannt und ins theoretische Bewußtsein gehoben werden.

Das Aufgeben der ontologischen Hypothese der klassischen Physik bedeutet die Anerkennung des Wahrscheinlichkeitscharakters der Beschreibung und die Beachtung der Bezüglichkeit der Beobachtungsmittel sowie die Aufgabe der Voraussetzung eines von Beobachtung unabhängigen Forschungsgegenstandes, d. h. die Anerkennung der Tatsache der Störung der Dynamik des Systems durch die vorgenommenen Messungen. In der einen Interpretation bedeutet die Aufgabe der ontologischen Hypothese der klassischen Physik die Aufgabe des Prinzips der Objektivität und der Erkennbarkeit der Wirklichkeit. Es bedeutet die Aufgabe des Materialismus, dessen Grundprinzip es ist, daß das Sein ein materielles und erkennbares Sein ist. Für eine andere mögliche Interpretation, die die gleichen Tatsachen berücksichtigt, bedeutet die Aufgabe der ontologischen Hypothese der klassischen Physik in keiner Weise die Aufgabe der Objektivität der physikalischen oder biologischen Vorgänge und ihrer Erkennbarkeit. Es bedeutet aber die Berücksichtigung der Möglichkeit als objektiver Kategorie des Seins, wie dies im dialektischen Materialismus geschieht.

Daher ist der dialektische Materialismus die adäquate Philosophie für moderne Naturwissenschaft.

*Die Bezüglichkeit des Objekts zum Meßinstrument ändert nichts an seiner Objektivität. Der zentrale Punkt der Kritik ist, daß unsere Erkenntnis nicht als einfache Beobachtung, sondern als Ergebnis der tätigen Veränderungen der objektiven Realität, also auf der Grundlage der konkreten sinnlichen Praxis verstanden werden muß. Dabei gilt es, weiterhin hervorzuheben, daß sich unsere Erkenntnis nicht auf sinnliche Erkenntnis beschränkt. Sie beschränkt sich nicht auf das Sammeln von Fakten.*

ELSASSER hält fest an den alten Begriffen und orientiert sich an der positivistischen Erkenntnistheorie. Daher kann er das von ihm aufgeworfene Problem letztlich nicht lösen, sondern begnügt sich mit der These der Unentscheidbarkeit, mit der Gegenüberstellung sich ausschließender Meßanordnungen. Seine Arbeit ist jedoch außerordentlich nützlich und wertvoll, da sie die Grenzen der alten Begriffsbildungen deutlich macht. Er zeigt, daß, klassisch betrachtet, Struktur und Prozeß eines biologischen Systems sich nicht gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit im Experiment erfassen lassen, daß es Schwierigkeiten bereitet – auch wenn in der Biologie ständig die Ein-[130]heit von Struktur und Prozeß betont wird –, dies gedanklich an einem realen Objekt zu vereinen. So hätten wir es hier tatsächlich mit komplementären Sachverhalten zu tun, die sich gegenseitig ausschließen und ergänzen.

Behalten wir die mechanistische Betrachtung des lebenden Organismus bei, so macht ELSASSER deutlich, daß sich die Ergebnisse nicht widerspruchsfrei an einem realen lebenden System vereinigen lassen. Eine Reihe von Physikern, wie z. B. ELSASSER, haben zwar klar die Grenzen der aus der Erfahrung stammenden Begriffe erkannt, sie sind aber nicht in der Lage, diese zu überwinden. Da sie hier versagen, sind sie gezwungen, agnostizistische Prinzipien einzuführen, wie z. B. das „Prinzip der endlichen Klassen“, um die Unstimmigkeiten

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

zu überdecken, die auftreten, wenn klassische Begriffe außerhalb ihres Anwendungsgebietes verwendet werden.

*Fassen wir unsere Erkenntnis auf als eine Beschreibung in der Vergangenheit stattgefundener Prozesse, dann liegt alles fest, dann ist immer nur eine Möglichkeit verwirklicht worden, denn die Vergangenheit ist natürlich eindeutig. Richtet sich aber unsere Erkenntnis auf das Wesen der Materie in ihrer Widersprüchlichkeit, so müssen wir in der Theorie verschiedene objektive Möglichkeiten berücksichtigen.*

*Die Widersprüchlichkeit der Materie, die sie zur Selbstbewegung befähigt, kann jedoch nicht in anschaulichen Modellen, d. h. gemäß klassischen Begriffsbildungen, erfaßt werden.* Das ist eine der entscheidenden Grundthesen dieser Arbeit. [131]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 4. Die Bedeutung allgemeiner kybernetischer Denkmodelle für die Biologie

Die Entwicklung der Technik hatte schon immer einen großen Einfluß auf biologische Modellvorstellungen. Die Erfindung der Kraftmaschine leitete das technische Zeitalter ein, führte zu einer raschen Entwicklung der Energetik und zu einer entsprechenden Konzeption vom lebenden Organismus – man versuchte, ihn als eine Kraftmaschine zu verstehen. In den letzten Jahren haben nun technische Disziplinen Einfluß auf biologische Modellvorstellungen gewonnen, die nicht mit der Übertragung und Umwandlung von Energie, sondern von Informationen beschäftigt sind: die Regelungstechnik, die Informationsübertragungs- und Informationsverarbeitungstechnik.

Die Leistungsfähigkeit der hier in Rede stehenden Geräte beruht im wesentlichen auf ihrer Fähigkeit zur exakten Informationsspeicherung, -übertragung und -verarbeitung, insbesondere zum Zwecke der Steuerung und Regelung. Diese Entwicklung blieb nicht ohne Einfluß auf unsere Vorstellungen vom lebenden Organismus. Man sieht immer deutlicher, daß auch der lebende Organismus bis hin zu einzelnen Bakterienzellen als hochkomplexes informationsverarbeitendes System aufzufassen ist, will man dem Verständnis der Lebensfunktionen näherkommen.

Der Einfluß der modernen Technik auf die Entwicklung der Biologie ist unverkennbar. Es bildete sich eine neue Disziplin der Lebenswissenschaften – die Biokybernetik.

Gegenstand der Kybernetik sind Probleme der Struktur und des funktionellen Zusammenhanges in unbelebten, lebenden und gesellschaftlichen Systemen unter dem Aspekt der Speicherung, der Übertragung und Verarbeitung von Informationen.

*Kybernetik ist die Wissenschaft von den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Organisation von Systemen, der Informationsaufnahme, -speicherung, -übertragung und -verarbeitung, insbesondere zum Zwecke der Steuerung, Regelung und Selbstorganisation, wie sie unabhängig von der konkreten Bewegungsform der Materie*, also in technischen und nichttechnischen Bereichen, *zur Geltung kommen*.

Kybernetisches Gedankengut hat wesentliche Quellen in der Technik:

1. in der Regelungstechnik mit der hier entwickelten Regelungstheorie,
2. in der Nachrichtentechnik mit der hier entwickelten Informationstheorie,
3. in der Informationsverarbeitungstechnik mit der entsprechenden Theorie der maschinellen Informationsverarbeitung.

[132] In diesen technischen Disziplinen wurden allgemeine Denkmodelle entwickelt:

In der Regelungstechnik das Modell des Regelkreises,
in der Nachrichtentechnik das Modell des Nachrichtenübertragungskanals,
in der Informationsverarbeitungstechnik das Modell des programmgesteuerten Rechenautomaten als universelles Modell.

Diese Modelle finden auch außerhalb der Technik, so in Biologie, Psychologie und Ökonomie, als allgemeine Denkmodelle und als konkrete physikalische Modelle fruchtbare Anwendung. Damit besitzen wir – neben gedanklichen – in einigen Fällen auch materielle Modelle, die es gestatten, grundlegende Eigenschaften des biologischen Lebens und des gesellschaftlichen Lebens (wie die Erscheinungen der Ganzheit, der Organisation und der Zielgerichtetheit) darzustellen und einer wissenschaftlichen Analyse zugänglich zu machen.

Kybernetik ist jedoch nicht gleichzusetzen mit dem derzeitigen Teil an allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten, Disziplinen und Denkmethoden der Automatisierungstechnik. Sie ist, wie KLAUS in „Kybernetik in philosophischer Sicht“ herausgearbeitet hat (**76**, S. 27), die Theorie aller möglichen dynamischen selbstregulierenden Systeme einschließlich der soge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nannten abstrakten Automaten. *In den mehr praktisch orientierten Richtungen beschäftigt sich die Kybernetik mit der Abbildung funktioneller Verhaltensweisen von Systemen höherer Bewegungsformen der Materie auf niedere und versucht, die Grenzen dieser Möglichkeiten zu bestimmen* (**68**). In der hier geführten Diskussion steht daher nicht der abstrakte, sondern der konkrete, technisch realisierte Automat im Vordergrund.

### 4.1. Das Regelkreismodell

Lebewesen sind komplizierte und hochstrukturierte Gebilde; sie sind deshalb im physikalischen Sinne unwahrscheinlicher als ihre Umwelt. Je komplizierter (d. h. unwahrscheinlicher) die Existenz eines Organismus ist, desto labiler ist dieses System, um so leichter wird seine Existenz gefährdet, um so anfälliger ist es gegenüber Störungen. Das heißt, dieser unwahrscheinliche Zustand kann nur eine gewisse Zeit durch die Leistung von Regelungsvorgängen aufrechterhalten werden.

Zum tieferen Verständnis der Lebensvorgänge ist es notwendig, jene Einrichtungen kennenzulernen, die es bewirken, daß trotz aller Störungen die Voraussetzungen für den Ablauf der Lebensvorgänge erhalten bleiben. So können z. B. nur bei Isothermie, Isotonie, Isohydrie und Isoionie des Blutes, bei ausreichendem Sauerstoff- und Zuckerangebot, bei genügend raschem Abtransport der auszuscheidenden Stoffwechselprodukte die kom-[133]plizierten, ineinandergreifenden physiologischen Prozesse im lebenden Protoplasma ungestört ablaufen.

Vor ungefähr einem Jahrhundert hat CLAUDE BERNARD den Begriff des „milieu interieur“ geprägt. BERNARD leistete damit einen der bedeutendsten Beiträge zur Theorie des Organismus. Der für die Physiologie grundlegende Gedanke war, daß die Tätigkeit der verschiedenen Organe ein Ziel verfolgt: die Bedingungen des Lebens im inneren Milieu konstant zu halten. Da sich bei den höheren Organismen das Leben der Organe in dem inneren Milieu des Körpers abspielt, erreichen die Organismen eine größere Unabhängigkeit von den äußeren Lebensbedingungen.

Erst 70 Jahre später hat dieses Problem der hochgradigen Gleichförmigkeit der wesentlichen Lebensbedingungen durch die Konstanz der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Blutes weitere Aufklärung gefunden und wurde unter dem Begriff „Homöostase“ zusammengefaßt. Die Eigenschaften des „inneren Milieus“ und seiner Regeleinrichtungen wurden genauer erforscht und die Grundgedanken von BERNARD in vollem Maße bestätigt (CANNON, HENDERSON u. a.).

Diese inneren „Systembedingungen“ des Organismus sind ständig zahlreichen verändernden Einwirkungen unterworfen. Die Störungen durch äußere Einflüsse, vor allem aber auch durch die wechselnden Funktionsphasen innerhalb des tätigen Organismus selbst (Nahrungsaufnahme, Arbeit, Erholung) sind unvermeidbar. Einerseits ist die Nahrungsaufnahme vom äußeren Milieu ins innere Milieu einem ständigen Wandel in Zeit, Quantität und Qualität unterworfen, und andererseits verändern sich die energetischen Ausgaben von einem Augenblick zum anderen; der Organismus leistet Arbeit oder befindet sich in relativer Ruhe.

Sofern die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Blutes selbst dann, wenn die verändernden Ursachen zahlreich sind, konstant bleiben, weist dies auf das Vorhandensein von Steuer- oder Regeleinrichtungen hin. Jede Konstanz irgendwelcher Werte im Organismus (Blutdruck, Kohlendioxid-Spannung, Wasserstoffionenkonzentration, Körpertemperatur, Anzahl der Blutkörperchen, Blutzuckerspiegel, Gewicht u. a.) kann als heuristischer Hinweis auf das Vorhandensein einer Steuer- oder Regeleinrichtung dienen. In allen Fällen, in denen Zustandsgrößen zeitlich konstant gehalten werden, liegen wahrscheinlich Halteregler (bzw. Festwertregler) im Sinne der Technik vor.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Im Laufe der Entwicklung des Lebens haben sich immer feinere Regulationsmechanismen herausgebildet; in der nervösen Regulation haben sie ihre höchste Entwicklung gefunden. Diese komplizierten Regulationssysteme zur Überwachung der Umwelt und der Innenwelt führen zu einer weitgehenden Ausschaltung zufälliger Einwirkungen.

Das hier Gesagte unterstreicht den großen Wert, der der Physiologie der Regelung in der experimentellen Physiologie beizumessen ist.

In enger Verbindung mit der Physiologie der Regelung entwickelt sich im Rahmen der theoretischen Physiologie eine Theorie der Regelung. Sie [134] macht besonders deutlich, daß sich die von Ingenieuren entwickelte Regelungstheorie – das allgemeine Denkmodell des Regelkreises – auf die physiologische Regulation anwenden läßt. MITTELSTAEDT kennzeichnet diese Entwicklung mit den Worten: „Ich bin überzeugt, daß die moderne Physiologie – gäbe es die Regelungstechnik heute nicht – von sich aus die Theorie notwendig hätte entwickeln müssen“ (**106**).

Funktionsprinzipien, wie sie vom Regelungstechniker in technischen Geräten verwirklicht werden, finden wir ebenfalls in lebenden Systemen. Diese Prinzipien scheinen also Allgemeingültigkeit zu besitzen, so daß es möglich ist, Systeme ganz unterschiedlicher Natur unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zu betrachten.

Die Anwendung allgemeiner regelungstechnischer Prinzipien und Denkmethoden bei der Erforschung biologischer Funktionssysteme führte zur Herausbildung einer neuen Disziplin innerhalb der biologischen Wissenschaften – der „biologischen Regelkunde“. Aus der Sicht eines Ingenieurs wurde der Gedanke, daß Regelungsprozessen in Organismen und technischen Systemen eine gemeinsame Funktion zukomme, in Deutschland wahrscheinlich erstmals von SCHMIDT geäußert. Er machte auf die komplizierte Kausalverbindung bei Regelvorgängen aufmerksam und wies darüber hinaus auf die gemeinsamen Prinzipien physiologischer und technischer Regelung hin. Die Regelung sei „ebenso ein Grundproblem der Technik wie der Physiologie“.

Der erste Vortrag zu dieser Problematik wurde 1940 vor Technikern und Biologen gehalten und 1941 veröffentlicht (**145**, S. 81 f.). Weitere Vorträge wurden von WÜNSCH, KRAMER und TRENDELENBURG gehalten.

Es ist das Verdienst N. WIENERS, in seinem 1948 erschienenen grundlegenden Werk „Cybernetics“ (vgl. **185**) derartige Gedanken der Gemeinsamkeiten gewisser funktioneller Prinzipien in Biologie und Technik ins allgemeine Bewußtsein gehoben zu haben.

Auf der Grundlage solcher Gedankengänge entstanden enge Kontakte zwischen Technikern und Biologen. Auch in der biologischen Forschung war der Boden hierfür vorbereitet. Von jeher wurden hier Regelkreise erforscht, doch besonderes Gewicht für diese Problematik hatten die Arbeiten des Biologen VON UEXKÜLL **170**, des Mediziners HOFF **55** und der Physiologen WAGNER **175** sowie DRISCHEL (**27**, **28**).

ERICH VON HOLST (**56**), S. 23, schreibt: „So gebührt, wenn überhaupt einem einzelnen, dann v. UEXKÜLL der Ehrentitel des Begründers der biologischen Regelkunde.“ VON UEXKÜLL wird in diesem Zusammenhang hervorgehoben auf Grund seiner Erkenntnisse über den Strukturzusammenhang des Tierkörpers mit Faktoren seiner Umwelt, ob diese Umweltfaktoren unbelebt (z. B. Nahrung) oder belebt (z. B. Feinde oder Artgenossen) sind. Diesen Zusammenhang bezeichnet VON UEXKÜLL als „Funktionskreis“. Die Gesamtheit von Funktionskreisen bestimmt einen Ausschnitt von Eigenschaften, die im Leben des Tieres Bedeutung haben. VON UEXKÜLL vertritt hierbei allerdings einen ausgeprägten Subjektivismus. Er weist darauf hin, daß Reize Wirkungsketten in Gang setzen, die zur Wiederaufhebung der Reizursache führen: „... das Wirkmal löscht das Merkmal aus.“ (**170**, S. 27.) In diesem Wirkungsgefüge, das VON UEXKÜLL „Funktionskreis“ nannte, zeigt sich das Prinzip des Regelkreises. „Wenn auch v. UEXKÜLLs Funktionskreisbegriff [135] etwas weiter ist als der heutige des Regelkreises, so enthält er doch das entscheidende Merkmal der negativen Rückführung“, schreibt VON HOLST.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Im weiteren grenzt er sich von der idealistischen Position VON UEXKÜLLS ab: „UEXKÜLL, für den alle Abläufe in Funktionskreisen physikalisch verstehbar waren, hielt die zugrunde liegenden Funktionspläne gleichwohl für ewige Schöpfungen, die kein Darwinistisches Prinzip von Mutationszufall und Auslese je hätte erschaffen können ... Ich persönlich bin mehr auf seiten der Darwinisten.“ (**56**, S. 31.)
WAGNER entdeckte 1925 das Prinzip der Rückkopplung für die Funktion der Vorderhirnganglienzellen bei der Willkürbewegung. Er beschrieb sie wie folgt: „... alle diese Einrichtungen sind derart beschaffen, daß von dem Energiestrom, der durch das System hindurchgeht, ein kleiner, meist ein sehr kleiner Teil abgezweigt und zur Regulierung dieses Energiestromes selbst wieder verwendet wird.“ (**175**, S. 15.) Diese Definition gilt, wie wir sehen, in gleicher Weise für technische Systeme.

Eine ähnliche Entwicklung wird sich für viele Länder aufzeigen lassen. Es sei hier besonders auf die Arbeiten des sowjetischen Mathematikers KOLMOGOROW und auf die Forschungsergebnisse des sowjetischen Physiologen ANOCHIN hingewiesen.

WIENER (**184**) hebt den entscheidenden Beitrag des sowjetischen Mathematikers KOLMOGOROW zur Entwicklung der Steuer- und Regelungstechnik ausdrücklich hervor (vgl. dazu auch LEY, **96**, S. 88). ANOCHIN (**3**) und später VON HOLST und MITTELSTAEDT haben das „Reafferenzprinzip“ entwickelt, das einen Knotenpunkt bildet, „in dem sich Kybernetik, Medizin und dialektischer Materialismus in wesentlichen Punkten berühren“, vgl. dazu auch KLAUS, **78**, S. 358 ff.).

ANOCHIN weist darauf hin, daß der gesamte Prozeß der Antwortreaktionen des Organismus durch die Reflextheorie eine materialistische Erklärung fand. Die Reflextheorie nahm jedoch die Zweckmäßigkeit der Antwortreaktion, die Tatsache, daß ein Anpassungseffekt erzielt wird, als selbstverständlich hin. Ein wesentlicher Mangel bestand darin, daß der Anpassungsprozeß auf die Reaktion beschränkt wurde. Es fehlte die Beurteilung des Erfolges des Reflexes, der Reafferenz, die das Zentralnervensystem ständig über die Erfolge der Reflexe informiert.

*Rückkopplung ist das wichtigste Funktionsprinzip, das lebenden und nichtlebenden Systemen gemeinsam ist*; denn nur durch ständige Rückinformation über das erreichte Ziel ist zweckmäßiges Verhalten möglich.

Für die Weiterentwicklung der Reflextheorie war also die Erkenntnis ANOCHINs, daß die Reafferenz als ein notwendiges Glied der reflektorischen Anpassung angesehen werden muß, von außerordentlicher Bedeutung. Er schreibt: „Die Kenntnis der allgemeinen Struktur der Systeme mit Reafferenz oder Rückkopplung ist für das Verständnis aller menschlichen Anpassung erforderlich, die mit einem Nutzeffekt endet.“ (**3**)

Die Kybernetik bringt insbesondere mit dem Modell des Regelkreises (DRISCHEL, **28**) eine außerordentliche Klärung des Problems der Zweckmäßigkeit. Entscheidend hierbei ist der Übergang von einem Denken in einfachen linearen Kausalketten zu einem Denken in zyklischen Zusammenhängen.

[136] Dieser Übergang vom Denken in linearen (offenen) Kausalketten zu einem Denken in zyklischen (geschlossenen) Zusammenhängen ist ein entscheidendes Kennzeichen unserer Zeit. Es bietet neue Möglichkeiten zum besseren Verständnis der dialektischen Zusammenhänge im Lebenden. Diese erschöpfen sich jedoch nicht, wie manchmal angenommen wird, in Rückkopplungszusammenhängen. Die philosophische Kategorie der Wechselwirkung ist entschieden umfassender als die der Rückkopplung. Jedoch kann letztere die philosophische Kategorie der Wechselwirkung in bezug auf bestimmte Zusammenhänge – auch durch die Differenzierung in negative, positive, innere und äußere Rückkopplung – konkretisieren. Rückkopplung kann aber ein rein mechanischer Vorgang sein, ein komplizierter Zusammenhang, z. B. vom Rezeptor zum Reflexzentrum, von diesem zum Effektor und Reafferenz.

Man unterscheidet in der klassischen Regelungstechnik gewöhnlich streng zwischen Steuerung und Regelung. Steuern und Regeln sind zwei Möglichkeiten des Eingriffs in einen Energie- oder Massestrom, um diesen in bestimmter Weise zu beeinflussen; in beiden Fällen soll ein bestimmtes, abgegrenztes System, das gesteuerte oder geregelte System, einen bestimmten Zweck erfüllen, soll sich eine bestimmte Größe in gewünschter Weise verhalten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Bei der Steuerung liegt eine offene Wirkungskette (lineare Kausalität) und bei der Regelung ein Wirkungskreis (teleonomischer Zusammenhang) vor. Auf Grund dieser Struktur ergibt sich folgender entscheidende Unterschied zwischen Steuerung und Regelung: Bei einer *Steuerung* ist selbst bei starken Abweichungen vom gewünschten Verhalten das Erreichte endgültig, da keine Kontrolle über den Erfolg des Eingriffs stattfindet. Die Steuerung wird angewendet, wenn es unter allen auf das System einwirkenden Störgrößen eine Hauptstörgröße gibt, die den größten Einfluß auf die zu steuernde Größe hat. Nur diese Hauptstörgröße wird kompensiert. Das Ziel wird bei einer Steuerung dem System von außen gegeben, die Richtung und die Art des Verhaltens werden von außen bestimmt. Bei der *Regelung* wird das Ergebnis der Regelung ständig kontrolliert (gemessen); auf Grund des Ergebnisses der Kontrolle (festgestellte Differenz zwischen Ist-Wert und Soll-Wert) wird erneut eingegriffen. Dadurch wird eine weitgehende Unabhängigkeit des geregelten Prozesses von einer Vielzahl störender Einflüsse aus der Umwelt erreicht. Bei einer einfachen Regelung wird der Sollwert auch von außen gesetzt, jedoch das System selbst verändert sein Verhalten so, daß der Sollwert erreicht wird. Bei höheren Formen entwickelt das System auch den Sollwert selbst, in dem es sein Verhalten derart ändert, daß sich ein Gleichgewichtszustand zwischen System und Umwelt einstellt.
Diese Unterschiede führen zur klaren Trennung zwischen Steuerung und Regelung. Im Englischen und im Russischen gibt es jedoch für beide Begriffe nur ein Wort „control“ bzw. „uprawlenie“. In Anlehnung an diesen Sprachgebrauch und da das eine ein Spezialfall des anderen ist, wird auch bei uns in jüngster Zeit angestrebt, den Begriff der Steuerung als Oberbegriff für (offene) Steuerung und Regelung zu benutzen. In dieser Arbeit wird der Begriff der Steuerung jedoch noch nicht als Oberbegriff, sondern in der ursprünglichen Gegenüberstellung zur Regelung benutzt.
Die Abb. 6 zeigt, daß es sich bei der Regelung um einen Informationskreis handelt, wobei zwei aufeinanderfolgende Glieder des Systems rückwirkungsfrei sind. Es wird vorgeschlagen, für den hier vorliegenden Zusammenhang den Begriff des „*teleonomischen Zusammenhangs*“ einzuführen.

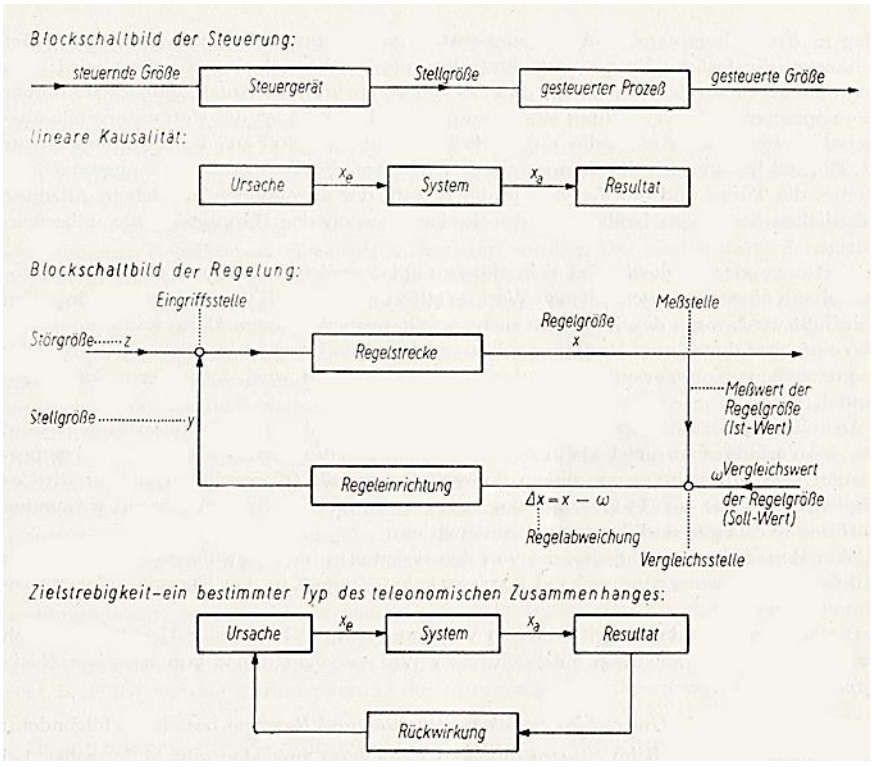



Abb. 6. Blockschaltbild der Steuerung und Regelung (lineare Kausalität und teleonomischer Zusammenhang).

Der Begriff der „Teleonomie“ wird im Teil II der Arbeit, S. 251 f., näher erläutert. Im Regelkreis liegt meist ein gesetzmäßiger Zusammenhang (griechisch: nomos) bestimmten Typs vor, eine Gesamtheit von Kausalzusammenhängen, die *notwendig* zu einem zyklischen Vorgang miteinander verbunden sind, der die Grundlage eines zielstrebigen Verhaltens (griechisch: telos) bildet.
Es sei z. B. die Aufgabe gestellt, in einem mit Heißwasser geheizten Treibhaus die Temperatur automatisch auf einem konstanten Wert zu halten. Diese Aufgabe ist sowohl durch eine Steuerung als auch durch eine Regelung zu lösen.
Hier soll die Raumtemperatur bei allen Schwankungen der Außentemperatur konstant bleiben. Das Verstellen des Ventils verändert den Wasserfluß.
Den speziellen Typ der Steuerung, der hierfür in Frage käme, nennt man Führungssteuerung.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Bei einer Steuerung muß man danach trachten, die Hauptstörgröße auszuschalten; das geschieht dadurch, daß man sie als Führungsgröße zum Erreichen des gewünschten Zieles wählt. Die Führungsgröße muß also in unserem Beispiel logischerweise die Außentemperatur sein, denn sie ist die Hauptstörgröße, diejenige Größe, die am meisten Einfluß auf die Zimmertemperatur hat. Wir müssen dann ermitteln, welche Ventilstellung zu [138] jeder in Frage kommenden Außentemperatur gehört und bekommen somit eine Art Eichkurve, die fest im Programmgerät (Führungseinrichtung) eingespeichert wird. Das Programmgerät sorgt dann dafür, daß bei einer bestimmten Außentemperatur immer die entsprechende Ventilstellung eingenommen wird. Damit ist die Hauptstörgröße ausgeschaltet. Sie ist aber nicht die einzige Störgröße, die Einfluß auf die Raumtemperatur hat. Einfluß haben auch die Temperatur des Wassers, die Temperatur der angrenzenden Räume, die Türen und die Fenster, ja die Anzahl der anwesenden Menschen. All diese zusätzlichen Störungen bleiben bei der Steuerung nach der Hauptstörgröße unberücksichtigt.

Die Grenze der Möglichkeiten einer Steuerung ist erreicht, wenn eine Größe, die automatisch auf einem vorgeschriebenen Wert gehalten werden soll, von mehreren Störgrößen beeinflußt wird, wenn die Störungen nicht erfaßt werden können. Dann kann diese Aufgabe einfacher durch eine Regelung gelöst werden. Das bereits beschriebene Prinzip der automatischen Konstanterhaltung der Raumtemperatur wird folgendermaßen abgewandelt:

Anstelle der Außentemperatur wird die Raumtemperatur des Treibhauses gemessen, d. h., man erfaßt nicht nur die Hauptstörgröße, sondern die Regelgröße selbst wird gemessen und ihre Abweichung von einem Sollwert festgestellt (Kontrolle). Dadurch wird es möglich, nicht nur die Hauptstörgröße, sondern alle auf das System störend wirkenden Einflüsse zu erfassen und ihnen entgegenzuwirken.

Eine Regelanlage ermöglicht, die von den Störungen hervorgerufenen Abweichungen zu erfassen und einen entsprechend korrigierenden Eingriff in den Energie- oder Massestrom einzuleiten.

Dieser korrigierende Eingriff wird so vorgenommen, daß er seiner Ursache, nämlich der gemessenen Abweichung, entgegenwirkt. Wir sprechen daher von *negativer Rückkopplung*.

Der entscheidende *Unterschied zwischen Steuerung und Regelung* besteht in folgendem:

Während man sich beim *Steuern* mit dem Erreichten zufrieden gibt (d. h., selbst bei nach dem Eingriff noch vorhandenen groben Abweichungen vom gewünschten Verhalten nichts weiter unternommen wird), wird bei der *Regelung* das Ergebnis der Regelung überprüft (kontrolliert) und auf Grund der Überprüfung (Kontrolle bzw. Reafferenz) erneut eingegriffen. Die Regelung strebt also aktiv dem gewünschten Ziel zu. Der Zweck des Systems (z. B. wesentliche Größen des Organismus in physiologischen Grenzen zu halten) wird trotz störender Einwirkungen erreicht.

Die Regelung macht einen Versuch, wartet, stellt einen Irrtum fest und macht einen erneuten Versuch.

Dadurch, daß bei einer Regelung die zu regelnde Größe fortlaufend erfaßt wird, ist es möglich, eine weitgehende Unabhängigkeit des geregelten Prozesses von einer Vielzahl störender Einflüsse aus der Umwelt zu erreichen. Wollte man allein mittels Steuerung in einen Prozeß eingreifen, so brauchte man sehr viel mehr Informationen, da im Programmgerät jeder Situation eine bestimmte Stellung (z. B. eines Ventils) zugeordnet wird, während man sich bei einer Regelung auf den Soll-Ist-Vergleich beschränken kann.

Ein entscheidender Vorteil der Steuerung gegenüber der Regelung besteht jedoch darin, daß sie wesentlich weniger Zeit in Anspruch nimmt und daß nicht erst gewartet wird, bis eine Differenz zwischen dem gewünschten und dem tatsächlichen Wert der zu beeinflussenden Größe auftritt. Daher findet man oftmals eine Kombination von Steuerung und Regelung. Durch Kombination eines Regelsystems mit einer Steuerung gilt es vor allem, die Totzeit (die Zeit zwischen dem Auftreten der Störung und dem Ansprechen des Regelsystems) zu vermindern.

[139] Die Kombination von gesteuertem und geregeltem System nennt man vorausgeregeltes System. Der Übergang von einer automatischen Regelung durch die Regelabweichung zum Steuern innerhalb des Regelkreises macht es möglich, nicht erst nach dem Auftreten der Abweichungen die bekannten Hauptstörgrößen auszuschalten. Daß es gar nicht erst zu Disproportionen kommt, ist für den lebenden Organismus, z. B. Umstellung von Atmung und Kreislauf vor körperlicher Arbeit, aber insbesondere auch für die Gesellschaft von außerordentlicher Bedeutung.

Um den biologischen Gegebenheiten gerechter werden zu können, muß die Konzeption des einfachen Regelkreises offensichtlich erweitert werden. Das relativ starre Schema mit seiner fixierten Rückkopplung wird, wie wiederholt deutlich gemacht wurde (vgl. HASSENSTEIN, **46d**; KEIDEL, **72c**; VOSSIUS, **172b**), den vielfach vermaschten biologischen Systemen nicht gerecht. Es gibt hier nicht nur ein Nebeneinander durch übergeordnete Führungsgrößen gesteuerter Regelkreise, sondern eine außerordentlich komplizierte Vermaschung der Regelkreise und Abhängigkeiten von übergeordneten Zentren. Wie VOSSIUS deutlich macht, ist die Erweiterung zu einer allgemeineren Systemtheorie jedoch nicht nur in Richtung der vermaschten Systeme zu sehen, so daß nur mehr oder weniger vermaschte Kombinationen linearer oder nichtlinearer Übertragungsglieder betrachtet würden, sondern es müßten in der funktionellen Gliederung Rangfolgen sichtbar werden. Um dies zu erreichen, müßte insbesondere auch die Informationskapazität und die Art der Informationsverarbeitung sowie die Veränderlichkeit der Übertragungsglieder genauer untersucht werden. Bei den bisherigen Untersuchungen der Regelsysteme betrachtete man den Umlauf der Erregungsgröße entsprechend den Übertragungseigenschaften der einzelnen Übertragungsglieder, berücksichtigte jedoch nicht den Inhalt und die Art der Information. Es muß

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

aber beachtet werden, daß einzelne Teile des Systems eine spezifische Informationsauswertung durchführen können, was bis zu lernenden und selbstorganisierenden Systemen (vgl. S. 290 f.) und zur Differenzierung der Informationsrelationen (vgl. S. 433 f.) führt.

Kennzeichen für Regelung ist, daß sich der Wirkungsablauf in einer geschlossenen Kette, dem sogenannten Regelkreis, vollzieht. Jeder einzelne Regelkreis kann gedacht werden als Zusammenwirken zweier Systeme bzw. Glieder:

1. Das geregelte System (S) bzw. die Regelstrecke, in der die Regelgröße beeinflußt werden kann, und

2. der Regler (R) bzw. die Regeleinrichtung, die die Regelung bewirkt.

Zur Realisierung der Regelung ist weiterhin ein Vergleich zwischen Momentanwert (Istwert) der Regelgröße und Sollwert nötig. Daher sind noch erforderlich:

3. ein Meßinstrument (oder Fühler), das den Momentanwert der Regelgröße mißt,

4. eine Vergleichsstelle, die die Abweichung der Regelgröße vom Sollwert feststellt und das Ergebnis an den Regler weitergibt.

Es treten vier Größen auf: die *Regelgröße*, die *Führungsgröße*, die *Stellgröße* und die *Störgröße*. Letztere ist diejenige Größe, die die Regelgröße von außen in nicht vorgesehener Weise beeinflußt.

Die Form der Verknüpfung der Glieder, das „Wirkungsgefüge“, wird durch das Blockschaltbild veranschaulicht. Es kann bis zu einem gewissen Grad [140] die komplizierte Form des Zusammenhangs wiedergeben. In einem Blockschaltbild werden die Systeme durch symbolische Rechtecke (Blöcke) und die Größen, die auf das System wirken, als Wirkungslinien unter Angabe der Wirkungsrichtung (Pfeile) dargestellt; dynamische Angaben werden in die Kästchen eingezeichnet.

Mit Hilfe dieser Begriffe und Symbole kann man die Arbeitsweise einer Zimmertemperaturregelung, einer Wasserstandsregelung ebenso wie die Regelung des Blutzuckerspiegels, des Blutdrucks, der Körpertemperatur, des Wasserhaushaltes, der Körperhaltung usw. exakt beschreiben. Erst durch diese Abstraktion werden solche Systeme der mathematischen Analyse zugänglich. Erst auf dieser Ebene der Abstraktion, die es gestattet, den Wirkungszusammenhang durch die Koordinaten des Blockschaltbildes zu zeigen, treten die gemeinsamen funktionellen Prinzipien, die in gleicher Weise im Biologischen wie im Technischen gelten, hervor. Auf dieser Abstraktionsebene zeigen sich echte funktionelle Gemeinsamkeiten zwischen lebenden und technischen Systemen.

Es muß jedoch festgehalten werden, daß das, was durch die Aufstellung eines Blockschaltbildes für einen biologischen Vorgang erreicht wird, ein Analogiemodell ist und insofern nicht über die Leistungsfähigkeit solcher Modelle hinausgeht. Der Analogieschluß birgt verschiedene erkenntnistheoretische Schwierigkeiten in sich, vor allem eine gewisse Unsicherheit. Aber sein Wert für die wissenschaftliche Forschung ist unbestreitbar.

Das Blockschaltbild ist, wie wir sagten, ein Modell der Verknüpfung, des Ineinandergreifens beliebiger Glieder. Es zeichnet sich gegenüber anderen Analogiemodellen dadurch aus, daß es dem Gang der Untersuchung angepaßt werden kann.

Wie wir sahen, beruht die Konstanz der verschiedenen Werte der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Blutes sowie anderer Größen auf Vorgängen, die wir als Regelung kennzeichneten. Der Wert der Kennzeichnung eines biologischen Vorganges als Regelvorgang besteht also darin, ein geeignetes Modell für diesen Vorgang zu haben, d. h. ihn gedanklich oder auch tatsächlich materiell rekonstruieren zu können bzw. auf Modellregelkreisen zu simulieren.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wir können also feststellen: Bei den Aussagen der Regelungstheorie handelt es sich um formale Ergebnisse, die noch durch die physiologische Forschung gestützt werden müssen. Bei der Erforschung biologischer Regelungsvorgänge zeigen sich gemeinsame Prinzipien mit den Regelungen in der Technik, die es gestatten, die Begriffsbildungen und mathematischen Methoden der Steuer- und Regelungstechnik auf biologische Regelungsvorgänge anzuwenden.

Die Regelungstheorie ist ein Sondergebiet der Kybernetik. „Die Expansion der Regelungslehre, heraus aus dem rein technischen Bereich hinein in nichttechnische Disziplinen, dürfte typisch für die zukünftige Expansion anderer Komponenten der Kybernetik, also beispielsweise der Informationstheorie und der Nachrichtenverarbeitung sein“, schreibt STEINBUCH (**161**, S. 6). [141]

### 4.2. Das Kanalmodell

Informationsübertragung ist eines der zentralen Probleme der Biologie. Das allgemeine Denkmodell der Nachrichtentechnik, das Kanalmodell, findet daher auch in biologischen Wissenschaften, wie in der Physiologie und insbesondere in der Molekularbiologie, fruchtbare Anwendung. Überall, wo Informationen übertragen werden, wird man – mehr oder weniger deutlich ausgeprägt – die fünf Glieder der Informationsübertragungskette: *Quelle, Sender, Kanal, Empfänger und Ausgang* (*Senke*) vorfinden. Von einer Quelle gehen die Informationen aus, die von einem Sender – in Signale umgewandelt – gesendet werden und über einen Kanal zum Empfänger gelangen, der die Signale aufnimmt und interpretiert (Abb. 7).

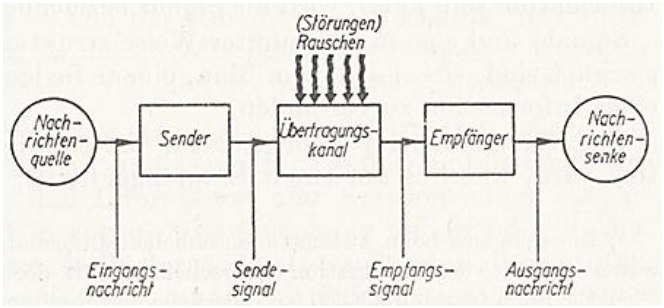



Abb. 7. Das allgemeine Kanalmodell – die Informationsübertragungskette

Die Verschlüsselung der Information im Sender (Codierung) und die Entschlüsselung der empfangenen Signale im Empfänger (Decodierung) sind entscheidende Voraussetzungen dafür, daß Informationen übertragbar bzw. wahrnehmbar sind. Die Feststellung, daß *Information immer nur codiert* übermittelt werden kann, ist eine philosophisch wichtige Aussage, denn sie wendet sich gegen die Möglichkeit der Telepathie, einer angeblichen Fähigkeit, Gedanken eines anderen Menschen ohne Sinneswahrnehmung zu erkennen.

Durch die Codierung wird die zu übertragende Information den speziellen Sende- und Empfangsbedingungen angepaßt. Auf dem Wege von der Quelle bis zum Ausgang der Informationsübertragungskette ist die Information Störungen ausgesetzt, dem sogenannten *Rauschen*. Sie ist nur im günstigsten Falle – dem idealen Kanal – gegenüber informationsdegradierenden Einwirkungen (Rauschen) geschützt.

Jedem konkreten Informationsübertragungskanal ist die Tendenz eigen, Information zu verbrauchen, d. h., es liegt ein Prozeß mit Entropieaufbau vor. Die Aussage, daß *bei der Übertragung über die Informationsübertragungskette Information nicht zunehmen kann*, ist eine Ausweitung der Aussagen des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik auf Probleme der Informationsübertragung.

In diesem Zusammenhang tritt eine Reihe naturwissenschaftlicher und philosophischer Fragen auf; denn im Bereich der lebenden Systeme gibt es [142] offensichtlich auch Prozesse

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

mit Entropieabbau bzw. Informationsvermehrung. Das sind Prozesse, die von einer Stufe relativer Homogenität zu größerer Inhomogenität führen, also zu einer höheren Stufe der Differenziertheit, Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit. Hier sollen jedoch zunächst nur das allgemeine Denkmodell und der damit im Zusammenhang stehende Begriff der Information behandelt und auf ihre Bedeutung für die Biologie hingewiesen werden.

Spricht man von Information, so können verschiedene Aspekte hervorgehoben werden. Die maschinell verarbeitbare Information ist durch folgende Aspekte charakterisiert:[1]

1. physikalischer Aspekt,
2. syntaktischer Aspekt,
3. semantischer Aspekt.

Der *physikalische Aspekt* ist der des Informationsträgers. Er sagt aus, daß die Information immer an einen materiellen Träger (z. B. Lochkarte, Magnetband, Magnettrommel) gebunden ist. Fassen wir Information qualitativ als Widerspiegelung, so ist diese Aussage im Prinzip eine Spezialisierung der allgemeinen philosophischen Aussage, daß die Fähigkeit zur Widerspiegelung immer an Materie gebunden ist, das Bewußtsein als höchste Form der Widerspiegelung an die Funktion der Gehirnmaterie. Ferner weist dies darauf hin, daß die Fähigkeit zur Widerspiegelung möglicherweise eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist, die sich über qualitative Sprünge zu immer höheren Formen entwickelte. Auf diese Möglichkeit wurde schon von LENIN hingewiesen, vgl. auch S. 421 f.

*Information kann also nur übermittelt werden, wenn ein Träger vorliegt*. Auf dem Träger wird die Information durch eine bestimmte Struktur dargestellt. Die Struktur ist eine bestimmte Auswahl von Elementen aus einer gegebenen Anzahl möglicher Elemente (Stellungen der Orte).

Die formale Auswahl von Zeichen aus einem vorgegebenen Alphabet bzw. Zeichenrepertoire führt zum *syntaktischen Aspekt der* Information. Wichtig ist also die *Einheit aus einem bestimmten materiellen Träger und einer bestimmten Struktur*. Eine solche Einheit (ein in bestimmter Weise geordnetes Objekt oder ein in bestimmter Weise geordneter Prozeß), die Träger einer Information sein kann, wird als *Signal* bezeichnet.[2]

Signale sind also in bestimmter Weise strukturierte materielle Träger, die geeignet sind, sich mit einem Sinn, einem Bedeutungsgehalt (Semantik), zu einer Information zu verbinden.

Der *semantische Aspekt* liegt darin, daß ein Signal erst dann zur Information wird, wenn es auf einen Empfänger trifft, der den Bedeutungsgehalt, [143] die Semantik, versteht, d. h. wenn dem Signal mit Hilfe des Zeichenvorrats des Empfängers eine Semantik zugeordnet werden kann. Man muß die Wirkung der Information auf den Empfänger mit in Betracht ziehen.

Letztlich kann man von Information erst dann sprechen, wenn alle drei Aspekte gegeben sind: *Erst die Einheit von materiellem Träger, Struktur und Semantik ergibt Information*. Das schließt jedoch nicht aus, daß die Aspekte auch relativ isoliert voneinander untersucht werden können, wie z. B. durch die klassische Informationstheorie.

Der Grundstein zur Informationstheorie wurde im Jahre 1949 von dem Mathematiker und Nachrichtentechniker SHANNON gelegt. Er erkannte den statistischen Charakter von Nachrichten. Damit gab er die Grundlage für eine wissenschaftlich exakte, quantitative Definition

[1] Insbesondere beim zwischenmenschlichen Informationsaustausch lassen sich noch weitere Aspekte der Information unterscheiden, z. B. der pragmatische Aspekt.
[2] Ein Signal ist eine zeitlich veränderliche physikalische Größe, die einen Informationsparameter besitzt, der die zu signalisierende Größe eindeutig abbildet.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

der Information und ermöglichte es, die Information als eine meßbare Größe zu behandeln. Die Idee, auf die sich die Informationstheorie gründet – daß Information meßbar ist –, ist eigentlich gar nicht so neu. Die Grundgedanken gehen zurück auf die statistische Mechanik von GIBBS. So schreibt WIENER: Wir haben „aus der Nachrichtentechnik eine statistische Wissenschaft gemacht, einen Zweig der statistischen Mechanik“. (**185**, S. 37.)

Der Gedanke, daß eine meßbare Beziehung zwischen Information und dem Grad an Ordnung (Entropie) besteht, läßt sich zurückführen bis auf die Arbeiten von BOLTZMANN im Jahre 1872 und ihre Weiterführung durch SZILARD im Jahre 1929.

Die Informationstheorie (die außer den genannten noch eng verbunden ist mit den Namen HARTLEY, GABOR, KOLMOGOROW, WIENER, BRILLOULN, CHINTSCHIN) wurde recht bald auch außerhalb der Technik populär, weil sie einem dringenden Bedürfnis unserer Zeit entspricht.

Die Verallgemeinerung der Entropiekonzeption, wie sie von der Informationstheorie durchgeführt wird, bietet eine allgemeine Grundlage für die gemeinsame Arbeit der verschiedenen Disziplinen der Wissenschaft. Sie entspricht daher der allgemeinen Tendenz der modernen Wissenschaft zur Synthese. Der Begriff der physikalischen Entropie wird in Verbindung mit dem Begriff der Informationsentropie auf einen weit größeren Bereich von Erscheinungen anwendbar, als er von der statistischen Mechanik untersucht wurde. Damit wurde ein Maß für die statistischen Zusammenhänge einzelner Elemente in den verschiedensten Systemen der Wirklichkeit gefunden.

Der wichtige Zusammenhang von Entropie und Information wurde vor allem von SZILARD, BRILLOUIN (**20**) und WIENER gründlich untersucht. Ihre Arbeiten ergeben eindeutig, daß Information und Entropie unter formalstrukturellem Gesichtspunkt in engem Zusammenhang miteinander stehen. Der Zusammenhang wird hergestellt durch die Tatsache, daß die Entropie ein Maß des Grades an Unordnung ist und der Informationsgehalt eines Systems ein Maß des Grades an Ordnung. „... das eine ist einfach das Nega-[144]tive des anderen“[1], schreibt WIENER (**185**, S. 38). Entsprechende Ausführungen finden wir auch bei SCHRÖDINGER (**147**, S. 104) zur Erläuterung des Begriffs „negative Entropie“. Er schreibt: „... die Entropie ist in Verbindung mit dem negativen Vorzeichen selbst ein Ordnungsmaß.“

Der Begriff der Entropie wurde zuerst in der Physik, speziell in der Thermodynamik, definiert. Unter Entropie wird hier der Grad der Unordnung bzw. des Chaos verstanden. Entropie ist das Maß der Unbestimmtheit, die in einem physikalischen System herrscht.
In dem Bemühen, ein Maß für die Informationsmenge zu finden, kam SHANNON zu einer Formel, die mit dem mathematischen Ausdruck für die Entropie in der statistischen Physik übereinstimmt.
Da, wie sich zeigen läßt, hier nicht nur eine formale Ähnlichkeit vorliegt, sondern der Begriff der Informationsmenge bzw. des Informationsgehaltes tatsächlich eng mit der physikalischen Entropie zusammenhängt, wird der Begriff der Entropie auch von der Kybernetik verwendet.
Unter solchen Gesichtspunkten kann Organisation verstanden werden als Überwindung der Entropie bzw. als negative Entropie.

Die Entropie eines physikalischen Systems wird in der statistischen Mechanik wie folgt definiert:

$$S = k \cdot \ln W$$

Dabei bedeutet k die Boltzmannkonstante und W die Anzahl der Elementarzustände, die für dieses System möglich ist. (In der Quantenstatistik ist eine allgemeinere Formulierung erforderlich, in der die obige Formel als Spezialfall enthalten ist.)

[1] Die physikalische Entropie hängt mit der informationstheoretischen Entropie durch die Formel $S = -k \cdot \ln 2$ zusammen (vgl. **10**, S. 46), wobei k die Boltzmannkonstante $k = 1{,}38 \cdot 10^{-16}$ erg pro Grad Kelvin ist.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die thermodynamische Entropie entspricht nun in der Tat der Entropie eines Ensembles (Nachrichtenschemas) X mit n gleichwahrscheinlichen Elementen (Nachrichten):

$$H(X) = ld\ n$$

Der Zusammenhang zwischen der physikalischen Entropie und der Information als Begriff der Wahrscheinlichkeitstheorie wird nicht von allen Physikern als korrekt angenommen. Speziell die Arbeit von SZILARD ist durch JAUCH u. a. stark kritisiert worden. Andere Autoren (vgl. SACHSSE, **141a** und COSTA DE BEAUREGARD u. a.) sind jedoch der Meinung, daß ein solcher Zusammenhang doch existiert, aber für Probleme der Biologie noch zu simpel ist und erweitert werden müßte (vgl. M. EIGEN); eine solche Erweiterung steht aber noch aus. Es sei hier insbesondere auch auf die Arbeit von E. v. WEIZSÄCKER hingewiesen (**181d**). Er macht deutlich, daß nach SHANNON der Begriff der Information an den der Neuigkeit gebunden ist, daß es jedoch gilt, den Zusammenhang von Neuigkeit und Bestätigung zu berücksichtigen. Er schreibt: „Von SHANNON haben wir gelernt, daran wollen wir festhalten, daß ohne Neuigkeit keine Information zustande kommt. Ob wir allerdings Information mit dem Maß an Neuigkeit (begrifflich) identifizieren [145] dürfen, haben wir soeben infrage gestellt. Wenn alles neu ist, wenn in einer Nachricht nichts bestätigt wird, versteht niemand etwas, kein Empfänger kann definiert werden, der von der ‚Nachricht' etwas versteht. Pragmatisch gesehen wäre es durchaus unbefriedigend, auch Informationen zuzulassen, die in keiner Weise verstanden werden können (C. F. v. WEIZSÄCKER). Ich halte die Komponente der Bestätigung in der Information für genau ebenso essentiell wie die Neuigkeit, auf die SHANNON hingewiesen hat." Die Dialektik dieser korrelativen Begriffe bzw. dieses Gegensatzpaares Neuigkeit und Bestätigung ist in der Tat wesentlich für das Verständnis der Information.

Auf der Grundlage der Erkenntnis, daß der SHANNONsche Begriff der Information zu eng ist, um alle Seiten der Information zu erfassen, bemüht man sich, auch andere Methoden zur quantitativen Erfassung des Informationsgehaltes zu entwickeln, wie z. B. in der nichtshannonschen, algorithmentheoretischen Informationstheorie von KOLMOGOROW (**81a**), in der topologischen Informationstheorie von RASHEWSKY u. a.

Die Informationstheorie entstand aus den Bemühungen, die Leistungsfähigkeit von Informationsübertragungskanälen zu berechnen. In ihrer klassischen Form betrachtet die Informationstheorie nur den „Informationsgehalt", die Mindestzahl der im Mittel zur eindeutigen Codierung notwendigen Zeichenmenge.

Die enge Verbindung der Informationstheorie mit den praktischen Bedürfnissen der Nachrichtentechnik hat dazu geführt, daß durch das Informationsmaß nur ein Aspekt der Information erfaßt wird. Der Nachrichtentechnik geht es vor allem um das Problem des Informationstransportes, z. B. um die Frage, wie eine Nachricht mit den geringsten Kosten über einen Informationsübertragungskanal übertragen werden kann. Es interessiert nicht, welchen Sinn ein Empfänger in der erhaltenen Information sieht oder welchen Wert sie für ihn hat. Es kann also vom semantischen und vom pragmatischen Aspekt der Information abstrahiert werden. Man beschäftigt sich gegenwärtig vor allem mit dem syntaktischen Aspekt der Information. (Zu den verschiedenen Arten der Information und weiteren Problemen der Informationstheorie vgl. NEIDHARDT, **111**.)

BRILLOUIN schreibt zu dieser Problematik: „Im Augenblick können wir in unsere Theorie kein Element einführen, das etwas über den Wert der Information für den Menschen aussagt. Diese Ausklammerung des menschlichen Elements ist eine sehr ernste Begrenzung, aber sie ist der Preis, den wir bisher dafür zahlen mußten, daß wir in der Lage waren, dieses System wissenschaftlicher Erkenntnis aufzubauen. Die Beschränkungen, die wir eingeführt haben, ermöglichen es uns, dem Begriff ‚Information' eine quantitative Definition zu geben und ‚Information' als eine physikalisch meßbare Quantität zu behandeln. Diese Definition kann nicht unterscheiden zwischen einer außerordentlich wichtigen Information und einer beliebigen Nachricht, die für den Empfänger ohne großen Wert ist." (**20**, S. X-XI.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Gegenwärtig beschäftigt man sich auch mit der Frage, welchen Wert eine Information für den Empfänger besitzt. Wird vorausgesetzt, daß der Empfänger ein Problem zu lösen hat, dann kann der Wert einer Information quantitativ darin gesehen werden, inwieweit ihn diese Information zur Lösung des Problems geführt hat.

[146] Es geht hier um die formale Darstellung von Informationen durch Zeichen aus einem beliebigen Alphabet. Jede Information wird als eine Folge von Zeichen (Wort, Zeichenreihe) über einem speziellen Alphabet auf dem Träger (z. B. Lochkarte) codiert. Dem liegt ein Auswahlvorgang zugrunde.

Man geht aus vom Verständnis einer Nachricht bzw. Information als einer Auswahl. Ein Informationsvorgang kann danach als Aufbau einer Ordnungsstruktur aus einer Menge vorgegebener Elemente bzw. Zeichen verstanden werden. Eine Nachricht (Struktur) entsteht durch eine einmalige oder mehrmalige Auswahl von Zeichen (Elementen) aus einer Menge vorgegebener Möglichkeiten. Im Unterschied zum entropischen Vorgang ist der Informationsvorgang auf Zunahme der Ordnung gerichtet. Die Informationen bleiben erhalten, die Ordnung ist gegenüber Transformationen invariant, es sei denn, sie würde durch äußere Einflüsse (Rauschen) zerstört.

Es wurde im Vorangegangenen deutlich, daß z. B. die spezielle Sequenz von Nukleotiden einer DNS oder eine spezielle Sequenz von Aminosäuren eines bestimmten Eiweißes eine verhältnismäßig kleine Auswahl aus einer großen Zahl thermodynamisch möglicher Sequenzen darstellt. Ein bestimmter Ordnungszustand ist also immer ein aus einer möglichen Anzahl von Ordnungszuständen realisierter Zustand.

Soll z. B. ein Haus gebaut werden, so wird der Baumeister aus einer gegebenen Menge an Elementen (bzw. Bausteinen) eine entsprechende Auswahl treffen, um sie zu dieser bestimmten Struktur zusammenzufügen. *Jede Auswahl beruht auf Entscheidungen*. Um die richtige Entscheidung treffen zu können, bedarf der Baumeister einer bestimmten Menge an Informationen. Erst der Besitz von Informationen (Kenntnissen) ermöglicht es, die richtige Auswahl zu treffen.

Die Fähigkeit, auswählen zu können, bezeichnet STEINBUCH als das Grundproblem der Informationstheorie. Die Gesamtanzahl der benötigten Informationen, und zwar ihre theoretisch untere Grenze, wird als der Informationsgehalt des betreffenden Objekts definiert. *Der Informationsgehalt einer Struktur ergibt sich also aus der Anzahl der Entscheidungen, die zur Auswahl eines Elementes aus dem gegebenen Vorrat von Elementen notwendig war*. Um den Auswahlvorgang quantitativ exakt bestimmen zu können, ist festgelegt, daß eine spezielle Information durch eine Folge von Auswahlen zwischen zwei Möglichkeiten gekennzeichnet wird, d. h., sie wird zurückgeführt auf einfache Ja-Nein-Entscheidungen, denn die einfachste Auswahl besteht in der Entscheidung zwischen zwei gleich wahrscheinlichen Möglichkeiten – Ja oder Nein, Stromimpuls oder kein Stromimpuls.

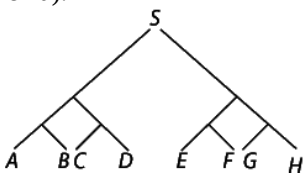
Die Information, die die Unbestimmtheit bei zwei gleich wahrscheinlichen Möglichkeiten aufhebt, wird als Einheit der Information verwendet und erhielt die Bezeichnung „ein bit“ (Zweier-Einheit der Information oder „bit“ aus dem Englischen – binary digit, d. h. Binärziffer).

Information wird also hier verstanden als Beseitigung von Unbestimmtheit. Die Auswahl (Selektion) eines Elements aus der gegebenen Menge an [147] Elementen beseitigt in der Tat die Unbestimmtheit (Unordnung) des unorganisierten Systems (z. B. des Haufens an Bausteinen).

Zum Verständnis des syntaktischen Aspekts der Information geht man vom Prinzip der *Auswahl* aus. Aus einer Menge möglicher Kombinationen (von irgendwelchen Zeichen, Zuständen, Elementen oder anderen konkreten Objekten, die man auch als gewisse mögliche Eigenschaften von Dingen auffassen kann), ist die eine sinnvolle und damit zutreffende auszuwählen. Daher wird auch vom *selektiven Informationsbegriff* gesprochen.
Die Informationstheorie zeigt, wie dieser Auswahlprozeß quantitativ gemessen werden kann.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Nehmen wir an, ein Ensemble (Nachrichtenschema X) bestünde aus acht Elementen bzw. Zeichen: A B C D E F G H.
Um ein bestimmtes Zeichen, z. B. F, auszuwählen, ist folgendes erforderlich:
Ausgehend von einem Startpunkt F, von dem aus alle Zeichen zu erreichen sind, soll durch Angabe *rechts oder links* das Zeichen F gefunden werden (Schema).




Schema eines Codes für acht Elemente

Das erste Signal – *rechts* – bedeutet, das Zeichen F liegt in der rechten Hälfte des Ensembles, ist also unter den vier Zeichen E F G H zu finden.
Dann wird das zweite Signal – *links* – übermittelt. Dies bedeutet, daß sich F in der linken Hälfte der rechten vier Zeichen (E F) befindet. Schließlich wählt ein drittes Signal – *rechts* – das gewünschte Zeichen „F" eindeutig aus.
Durch drei Entscheidungen ist es demnach möglich, jedes beliebige dieser acht Zeichen auszuwählen.
Der Code für F würde also heißen:
*F*: *rechts-links-rechts*.
Man kann diese Schritte statt mit rechts und links zum Beispiel auch mit ja und nein oder einfach mit L und O (Loch und nicht Loch) bezeichnen. Man erhält also einen Code für die Elemente entsprechend folgendem Schema:

| | |
|---|---|
| A: OOO | E: LOO |
| B: OOL | F: LOL |
| C: OLO | G: LLO |
| D: OLL | H: LLL |

Ein Code ist eine Vorschrift, die es ermöglicht, die einzelnen Zeichen eines Zeichenvorrats $Z_1$, der zur Darstellung von bestimmten Informationen dient, den Zeichen eines anderen Zeichenvorrats $Z_2$ zur Darstellung derselben Information zuzuordnen. Vielfach kommt es darauf an, Zeichen aus einem relativ großen Zeichenvorrat (z. B. Alphabet unserer Schriftsprache) durch Zeichenreihen aus einem relativ kleinen Zeichenvorrat darzustellen.
[148] In unserem Beispiel wurden nur zwei Zeichen verwendet. Eine solche Codierung, die nur zwei Zeichen (O und L) verwendet, nennt man *binäre Codierung*. Sie bietet die einfachste Möglichkeit für Auswahlentscheidungen.
Die binäre Codierung ist eine wesentliche Grundlage der Informationstheorie und der technischen Realisierung informationsverarbeitender Systeme. L oder O bedeutet z. B. Loch oder Nicht-Loch im Informationsträger, Stromimpuls oder kein Stromimpuls, Relais betätigt oder nicht betätigt, die Nervenzelle ist überschwellig gereizt oder ist nicht gereizt.
Andere Signalsysteme verwenden eine andere Anzahl unterschiedlicher Zustände (die DNS beispielsweise vier unterschiedliche Basen). In unserem Zahlensystem verwenden wir zehn unterscheidbare Signale, die Ziffern von 0 bis 9.
Aus dem bisher Gesagten ist offensichtlich:
Ein Binärsignal (Ja-Nein-Entscheidung) erlaubt die eindeutige Auswahl eines Elementes aus einem $2 = 2^1$ Elemente umfassenden Ensemble,

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 4 | $= 2^2$ Elementen |
| 3 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 8 | $= 2^3$ Elementen |
| 4 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 16 | $= 2^4$ Elementen |
| 5 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 32 | $= 2^5$ Elementen |
| 6 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 64 | $= 2^6$ Elementen |
| 7 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 128 | $= 2^7$ Elementen |
| .... | | | |
| 10 | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | 1024 | $= 2^{16}$ Elementen |
| .... | | | |
| n | Binärsignale erlauben die Auswahl zwischen | N | $= 2^n$ Elementen |

Man kann diese Überlegungen auch umkehren und die Frage stellen, wieviel Binärentscheidungen man braucht, um ein spezielles Zeichen aus einem Ensemble von n Elementen auszuwählen. Liest man die Tabelle von rechts nach links, so gibt sie sofort Auskunft. Man braucht z. B. zur Auswahl eines speziellen Zeichens bei einem Vorrat von 32 Elementen mindestens fünf Binärsignale.
Eine n-malige Ja-Nein-Entscheidung bewirkt eine Auswahl aus $N = 2^n$ Elementen bzw. Zeichen. Dabei ist N der Umfang des Nachrichtenschemas X bzw. die Anzahl der Zeichen des Alphabets X, wobei zunächst vorausgesetzt wird, daß jedes Zeichen mit gleicher Wahrscheinlichkeit $p = \frac{1}{N}$ auftritt. In diesem Fall ist n der erwartete Informationsgehalt pro Zeichen in bit. Die Umkehrung der Beziehung $N = 2^n$ führt zu $n = l\,d\,N = {}^{1d=\frac{1}{N}}$, wobei l d der

Logarithmus zur Basis 2 ist. In der Informationstheorie wird dieser Logarithmus dualis fast ausschließlich verwendet, weil er den Informationsgehalt in bit angibt.
Geht man von der Voraussetzung der Gleichwahrscheinlichkeit der Zeichen des Nachrichtenschemas X ab und nimmt an, daß das Zeichen $x_1$ mit der Wahrscheinlichkeit $p_1 = p(x_1)$ auftritt, wobei $p_1 \geq 0$ und $\sum_{i=1}^{N} p_i = 1$ sein muß, so erhält man für die durchschnittliche pro Zeichen des Nachrichtenschemas übertragene Informationsmenge

$$H(X) = \sum_{i=1}^{N} p_i \operatorname{ld} \frac{1}{p_i} = -\sum_{i=1}^{N} p_i \operatorname{ld} p_i$$

[149] Diese Formel wurde zuerst von SHANNON aufgestellt. H(X) heißt auch Informationsgehalt des Nachrichtenschemas X und wird auch Informationsentropie von X genannt. Bei Gleichwahrscheinlichkeit der Zeichen ergibt sich wieder wie oben

$$H(X) = -N \cdot \frac{1}{N} \cdot \operatorname{ld} N \cdot \frac{1}{N} = \operatorname{ld} N.$$

Diese Formel wurde schon vor SHANNON von HARTLEY angegeben, der den statistischen Charakter des Informationsmaßes noch nicht erkannt hatte.

Indem festgelegt wird, daß ein bestimmter Baustein an einer bestimmten Stelle verwendet wird, wird Information hinzugefügt, und seine weiteren Verwendungsmöglichkeiten werden eingeschränkt.

Die Spezifität einer Struktur (bzw. der Informationsgehalt) ist nach dem Gesagten bestimmbar aus der Summe der Entscheidungen, die notwendig sind, eine bestimmte Struktur aufzubauen. Was qualitativ als Information bezeichnet werden kann, ist demnach der Bauplan für die Struktur, es ist das, was die Anordnung der Bauelemente in der Struktur festgelegt. In diesem Sinne ist der Begriff Information eng mit den Begriffen Ordnung und Organisation verbunden (vgl. BÖNISCH, **16c**).

Wir hatten schon auf die verschiedenen Aspekte der Komplexität aufmerksam gemacht und darauf hingewiesen, daß die Komplexität eines Organismus durch die Unterscheidbarkeit seiner einzelnen Strukturelemente gemessen werden kann. Die Spezifität eines Proteinmoleküls läßt sich durch die Unterscheidbarkeit seiner Atome messen. Als Maß dient der Informations- bzw. Entropiegehalt.

Die Arten der Atome, die die biologischen Makromoleküle aufbauen, sind auf eine geringe Zahl beschränkt, die Vielfalt liegt in der Variation ihrer Anordnungsmöglichkeiten.

Der Begriff des Informationsgehaltes ist also in bezug auf die hier diskutierten Probleme von besonderer Bedeutung. Es zeigt sich, daß die biologischen Makromoleküle einen besonders hohen Informationsgehalt besitzen. Auch die Existenz eines räumlich und zeitlich außerordentlich fein aufeinander abgestimmten chemischen Reaktionsnetzes im lebenden System zeigt, daß das Lebewesen über einen hohen Informationsgehalt verfügt. Es ist zweckmäßig, zwischen den beiden hier genannten Formen der chemischen Spezifität zu unterscheiden.

Die chemische Spezifität (bzw. Information) der lebenden Zelle zeigt sich in zwei Formen – in der Form *molekularer Strukturen* und in der Form *molekularer Reaktionen*.

Einmal besitzt die Zelle eine potentielle, relativ statische Form der Spezifität. Sie zeigt sich in der relativ stabilen Anordnung der Teile der Makromoleküle, z. B. in der Sequenz der Nukleotide des DNS-Moleküls oder in der exakten Anordnung der Aminosäurereste eines Eiweißes.

Die Anzahl der thermodynamisch möglichen Sequenzen von Nukleotiden oder Aminosäuren in den Makromolekülen ist außerordentlich hoch. Die [150] Spezifität einer Sequenz stellt also eine außerordentlich kleine *Auswahl* (eine spezielle Sequenz) aus einer sehr großen Zahl von möglichen Sequenzen dar. Es ist dabei deutlich, daß der Begriff der biochemischen Spe-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

zifität hier dem Begriff des Informationsgehaltes, wie er in der Informationstheorie benutzt wird, äquivalent ist. Informationsgehalt kann als Maß der Spezifität angesehen werden.

Im Gegensatz zu der relativ statischen Spezifität der Makromoleküle besitzt die lebende Zelle auch eine Spezifität des biochemischen Prozesses. Die verschiedenen Komponenten der Zelle sind thermodynamisch in der Lage, eine Vielzahl von Reaktionen einzugehen. Die Spezifität in der chemischen Reaktion der Zelle zeigt sich im Auftreten *einer speziellen* Reaktion aus einer Vielzahl thermodynamisch möglicher Reaktionen. Die Spezifität eines speziellen Stoffwechselweges besteht also in der Aktivierung relativ weniger Reaktionen aus einer Vielzahl von möglichen. Wieder wird also eine Auswahl getroffen, so daß Prozeßstrukturen entstehen, z. B. der Krebszyklus, der Fettsäurezyklus usw. Es bildet sich ein Netzwerk mit dynamisch bedingter Stabilität und Plastizität. Diese Art der Stabilität, die wir im Lebenden beobachten, scheint sich von der Stabilität der Atome und Kristalle zu unterscheiden. Hier ist es mehr die Stabilität des biologischen Prozesses als die Stabilität der Form.

Die Informationstheorie findet ihren Platz im biologischen Denken insbesondere auf Grund der durch ihre Anwendung sich ergehenden Möglichkeit, Probleme der Ordnung, der Organisation und Spezifität quantitativ behandeln zu können. Es war dem Biologen schon lange bewußt, daß die Untersuchung gerade dieser Aspekte lebender Systeme – Organisation, Spezifität für das Verständnis des Lebensgeschehens von großer Bedeutung sein muß. Jedoch war die Realisierung dieser Erkenntnis schwierig bzw. wurde nicht genügend in Angriff genommen, solange dafür kein quantitativer Ausdruck gefunden werden konnte.

Das Problem der Information und ihrer Übertragung tritt uns auf den verschiedensten Gebieten biologischer Forschung entgegen. So beruht die Anpassung eines lebenden Organismus an seine sich ständig verändernde Umwelt auf der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen aus seiner Umgebung. Der Organismus wird ständig über Veränderungen bestimmter Größen seines inneren Milieus wie Blutdruck, Blutzuckergehalt des Blutes usw. informiert.

Der Begriff der Information ist also nicht allein auf die Nachrichtentechnik beschränkt. Er tritt aus dem technischen Bereich hinein in nicht-technische Disziplinen. Er hat insbesondere Eingang gefunden im Bereich der Molekularbiologie. Träger der Information sind hier Makromoleküle. Die Desoxyribonukleinsäure ist der primäre Träger der Erbinformation, der genetischen Anweisungen bzw. des Bauplanes für die Proteine des betreffenden Organismus. Auch im Bereich der Physiologie bei der Untersuchung der Zirkulation von Informationen im Nervensystem wurden die Informationstheorie und darüber hinaus elektronische Modelle erfolgreich angewendet. (**115a**)

[151] Eingehende Untersuchungen über die Menge an Informationen, die ein Mensch maximal je Zeiteinheit mittels seiner Sinnesorgane aufnehmen kann, wurden von KÜPFMÜLLER (**88b**) sowie FELDTKELLER und ZWICKER (**35c**) durchgeführt.

Das allgemeine Denkmodell, das in der Nachrichtentechnik entwickelt wurde – das Kanalmodell –, kann also auch in der Biologie Anwendung finden, denn gerade hier ist die Informationsübertragung eines der zentralen Probleme.

### 4.3. Der programmgesteuerte Rechenautomat als universelles Modell

Die maschinelle Informationsverarbeitung, eine weitere technische Quelle kybernetischen Gedankengutes, hat in den letzten Jahren außerordentlich an Bedeutung gewonnen. Sie wird zu einer alltäglichen interessanten Arbeit vieler Tausender Menschen werden, denn die umfassende Anwendung der maschinellen Informationsverarbeitung für die Automatisierung bestimmter materieller und geistiger Prozesse ist einer der Schwerpunkte für die Bewältigung der wissenschaftlich-technischen Revolution. Auf das Problem der Informati-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

onsverarbeitung stoßen wir in den verschiedenen Bereichen der objektiven Realität. Die Erkenntnis, daß es allgemeine Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Informationsaufnahme, -übertragung, -speicherung, -verarbeitung und -ausgabe gibt, die in allen Anwendungsbereichen unabhängig von der jeweiligen konkreten Bewegungsform der Materie gelten, führte zur Herausbildung einer neuen Querschnittswissenschaft – der Kybernetik.

Unter kybernetischem Gesichtspunkt ist auch das, was wir an geistigen Prozessen beobachten können, Aufnahme, Verarbeitung und Wiederausgabe von Informationen. Informationen aufnehmen, nach bestimmten Gesichtspunkten verarbeiten und in gewünschter Form wieder ausgeben: können auch bestimmte vom Menschen dazu geschaffene Maschinen – die informationsverarbeitenden Maschinen. Prozesse der maschinellen Informationsverarbeitung sind Prozesse der planmäßigen Veränderung von Informationen, der Verknüpfung von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien.

Bei der maschinellen Informationsverarbeitung unterscheiden wir Rechentechnik und Datenverarbeitung, wobei jedoch die modernen digitalen Informationsverarbeitungsanlagen zur Realisierung beider Aufgabenstellungen herangezogen werden können. Maschinelle Informationsverarbeitung wird definiert als Verarbeitung formalisierter Informationen (Strukturtransformation). Während in der Rechentechnik gewöhnlich einzelne Informationssätze mit dem Ziel verarbeitet werden, aus den gegebenen Merkmalen eines Informationssatzes über ein Individuum weitere Merkmale des gleichen Individuums durch oft sehr umfangreiche Berechnungen zu gewinnen, werden in der Datenverarbeitung Folgen von Informationssätzen (files) verarbeitet mit dem Ziel, die Vielzahl von Informationen in kürzester Frist sicher nach [152] bestimmten Vorschriften zu verarbeiten (zu berechnen), zusammenzustellen bzw. zu aussagekräftigen Materialien über die vorgelegte Gesamtheit von Individuen zu verdichten. Die maschinelle Datenverarbeitung wird unterteilt in elektromechanische Datenverarbeitung (Lochkartentechnik) und elektronische Datenverarbeitung. Bei letzterer wird der Verarbeitungsprozeß von der Anlage voll automatisch realisiert. Bei den Informationsverarbeitungsanlagen unterscheiden wir weiterhin hinsichtlich der Darstellung und der Methoden der Verarbeitung der Information zwischen Analog- und Digitalrechnern. Auf die Erörterung der Unterschiede soll hier jedoch nicht eingegangen werden, da dies für den prinzipiellen Modellcharakter des Rechenautomaten ohne Belang ist.

Ausgangspunkt für unsere Diskussion des Verhältnisses von Automat und lebendem Organismus ist die Feststellung, daß eine Isomorphie zwischen mathematisch-logischen Operationen und den Verhaltensweisen der Geräte der Automatisierungstechnik angegeben werden kann. In dem abstrakten System der mathematisch-logischen Operationen sind es *Funktionen*, die transformieren (abstrakte Automaten), in den technisch realisierten kybernetischen Systemen (konkrete Automaten) sind es Zustände, die verändert werden. Es lassen sich technische Systeme bauen, in denen der strukturelle Ablauf ihrer Zustandsfolgen sich wesensgleich dem mathematisch-logischen System gegenüber verhält. „Nur im Sinne einer solchen Isomorphie kann man“, wie KÄMMERER hervorhebt, „von einem ‚Rechnen‘ des Automaten und von einem ‚Rechen‘-Automaten überhaupt sprechen.“ (**71**, S. 9.)

Automaten sind vom Gesichtspunkt der Informationstheorie in einem sehr allgemeinen Sinne als Informationstransformatoren zu definieren.

Der in der Kybernetik verwendete Begriff des Automaten stellt eine Abstraktion vom konkreten Automaten dar. Er ist eine Maschine, die über Ein- und Ausgabeeinrichtungen verfügt, über die sie Informationen aus ihrer Umgebung aufnimmt und wieder an diese abgibt. Das Verhalten eines solchen Automaten kann durch eine, wenn auch oft sehr komplizierte Funktion beschrieben werden. Diese Funktion gibt an, auf welches Eingangssignal bei Berücksichtigung des Zustandes des Automaten welches Ausgangssignal erfolgt. Ausgehend von

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

diesen Überlegungen kann ein Automat beschrieben werden durch eine Menge von Eingangssignalen, eine Menge von Ausgangssignalen, eine Menge möglicher Zustände des Automaten und der Übertragungsfunktion, die angibt, wie ein bestimmtes Eingangssignal in ein zugehöriges Ausgangssignal transformiert wird.

Ein beliebiger abstrakter Automat **A** = **A** (X, Y, Z, f, g) ist definiert durch die Angaben (**44c**)

a) der drei nichtleeren, beliebigen Mengen
1. X Menge der Eingangssignale von **A**
2. Y Menge der Ausgangssignale von **A**
3. Z Menge der Zustände von **A** [153]

b) und von zwei auf diesen Mengen definierten eindeutigen Abbildungen (Funktionen)

1. f = f (z, x): Z × X → Z der Überführungsfunktion des Automaten **A**
2. g (z, x): Z × X → Y der Ergebnisfunktion des Automaten **A**

Die zugelassenen Mengen brauchen nicht notwendig endlich zu sein. Der endliche Automat ist ein Spezialfall. Vom endlichen Automaten sprechen wir, wenn die Mengen X, Y und Z endlich sind. Der hier definierte streng determinierte Automat kommt praktisch nur als Spezialfall des stochastischen Automaten vor, denn im allgemeinen ist das Ausgangssignal nicht eindeutig durch das Eingangssignal und den Zustand bestimmt, sondern durch Wahrscheinlichkeiten. Ersetzt man die Funktion f und g durch Funktionale F und G mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen, so erhält man den Begriff des stochastischen Automaten.

Die Kybernetik interessieren nicht die stofflichen oder energetischen Eigenschaften der Glieder der Automatisierungstechnik, sondern ihre funktionellen Verhaltensweisen. Die theoretische Beschreibung eines Gliedes mündet in die Angabe eines Operators, der aussagt, welche mathematische Operation auszuführen ist, um aus der Eingangsfunktion die Ausgangsfunktion des Gliedes zu erhalten, wie ein bestimmtes Eingangssignal in ein bestimmtes Ausgangssignal transformiert wird.

Information zu transformieren (umzuwandeln), und im Falle des abstrakten Gliedes bzw. idealen Kanals ohne Verlust, ist eine allgemeine Eigenschaft dieser Maschinen.

Der Automat ist also als Informationstransformator zu kennzeichnen.

*Informationstransformatoren bzw. -wandler sind in der Lage, Informationen zu verdichten, sie können vor allem Redundanz* (*Teile einer Information, die ohne Verlust an Inhalt weggelassen werden können*) *auffinden und analysieren und dadurch komplexe Verhältnisse in einfachere verwandeln. Sie können auch Redundanz schaffen, d. h., sie können ein einfaches Verhältnis in ein komplizierteres transformieren, das aber seinem Wesen nach nicht mehr aussagt, als das ursprüngliche. Informationstransformatoren fügen jedoch, und das ist das Entscheidende, kein grundlegend neues Element zu der Menge an Informationen hinzu. Das unmittelbare Ergebnis maschineller Informationsverarbeitung ist daher immer eine Transformation präexistierender Informationen*. Die Informationen bleiben im günstigsten Falle (dem abstrakten Automaten bzw. idealen Kanal) entgegen informationsdegradierenden Einwirkungen (Rauschen) erhalten. Jedem konkreten System ist jedoch die Tendenz eigen, negative Entropie, Information, zu verbrauchen.

Der Weg der Erkenntnis führt, vom Ganzen ausgehend, über die Analyse der Teile wieder zur Resynthese, mag letzteres auch oft nur noch gedanklich möglich sein. Will die biologische Forschung die Lebensprozesse ganz erfassen, müssen die analytischen Methoden durch ein System analytisch-synthetischer Methoden ergänzt werden. Hier finden die Anlagen zur maschinellen Informationsverarbeitung (die programmgesteuerten elektronischen [154] Rechenautomaten) als universelle Modelle ihren natürlichen Platz. Im gegenwärtigen Entwick-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

lungsstadium der Biologie und Medizin ist das Studium der physikalischen Gesetze nicht nur im Experiment am biologischen Objekt selbst möglich, sondern es tritt immer mehr die Methode der Modellierung, insbesondere der mathematischen Modellierung, hervor. Die Methoden der maschinellen Informationsverarbeitung eröffnen Wege zur Simulation deduktiv logischer und auch induktiv stochastischer Denkprozesse und auch komplizierter Lebensprozesse. Der programmgesteuerte Rechenautomat ist ein konkretes physikalisches, außerordentlich flexibles Modell. Wenn der Rechner das Problem (z. B. zugehöriges Gleichungssystem) einmal gelöst hat; kann durch Änderung der Parameter mit ihm experimentell gearbeitet werden. Durch Variation des Modells (Änderung des Gleichungssystems) selbst können neue Annahmen geprüft werden. Das Modell, wie es durch Programm, Schaltung und Schaltelemente gegeben ist, eignet sich im Zusammenhang mit Stoffwechselproblemen zum Studium u. a. solcher Fragen wie Absorption, Verteilung, Ausscheidung, Induktion bzw. adaptiver Enzymbildung. Geht man aus von einer ganz allgemeinen Definition des Stoffwechsels, indem man ihn als eine Folge von Operationen versteht, durch welche ein aus der Umgebung kommender Satz Material (input) in einen neuen Satz von Material (output) umgewandelt wird, können durch Simulation auch die Beziehungen zwischen „input“ und „output“, die entsprechenden Übertragungsfunktionen studiert werden.

Auch stochastische Modelle werden immer häufiger angewandt. Die Notwendigkeit stochastischer Modelle zeigt sich deutlich bei der Tracer-Kinetik. Ein weiteres Gebiet der Anwendung stochastischer Modelle ist das des biologischen Wachstums.

Wir betrachten also einen Automaten als ein informationsverarbeitendes bzw. -transformierendes technisches System, das aus gegebenen Informationen weitere Informationen erzeugt. Diese Definition ist sehr weit, sie umfaßt die trivialsten Automaten wie die einfachen Übertragungsglieder der Automatisierungstechnik bis hin zu den höheren Automaten. Die Unterscheidung zwischen ihnen ist sehr schwierig. Im Sinne dieser allgemeinen Definition können auch höhere Automaten als Übertragungsglieder mit einer allerdings komplizierten Struktur aufgefaßt werden. Im folgenden werden wir im Zusammenhang mit der Diskussion der Determinismusproblematik zunächst auf die einfachen Übertragungsglieder hinweisen, die nur eine starre Dynamik besitzen, dann solche erwähnen, die ein variables Übertragungsverhalten besitzen, und schließlich solche mit endlichem Gedächtnis.

### 4.4. Die Bedeutung des Modells

Wir verstehen unter Modellierung eine Abbildung des Verhaltens bzw. der Struktur beliebiger Objekte der objektiven Realität vermittels einer analogen Verhaltensweise bzw. Struktur und deren Untersuchung. Das [155] Modell gibt bestimmte Eigenschaften eines anderen Teiles der Wirklichkeit im allgemeinen mit anderen Beschreibungsmitteln wieder. (Es ist die materielle oder geistige Reproduktion von Prozessen, Beziehungen, Funktionen usw.). Die Modellierung ist also eine Methode des *vermittelten* praktischen und theoretischen Operierens mit dem Objekt, bei der ein künstliches oder natürliches Hilfs- bzw. Quasiobjekt (Modell) zwischengeschaltet wird, das eine gewisse objektive Übereinstimmung (Ähnlichkeit) mit dem Erkenntnisobjekt aufweist und dadurch in der Lage ist, Informationen über das modellierte Objekt zu übermitteln. Hieraus ergeben sich Hauptmerkmale des Modells: Das Merkmal der a) Abbildung, b) Ersetzung, c) Abstraktion, d) Erklärung, e) Vermittlung, f) Steuerung.

a) *Merkmal der Abbildung*: Das Modell ist stets eine Abbildung und als solche eine Repräsentation eines natürlichen oder künstlichen Originals (das selbst wieder Modell sein kann). Es besteht eine gewisse Übereinstimmung zwischen Modell und modelliertem Objekt.
b) *Merkmal der Ersetzung*: Das Modell ist in der Lage, als relativer Vertreter des Erkenntnisobjekts zu fungieren. Es muß in der Lage sein, das Original in bestimmter Beziehung in verschiedenen Stufen des Erkenntnisprozesses zu ersetzen und uns Information über das interessierende Objekt zu vermitteln.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

c) *Merkmal der Abstraktion*: Das Modell befindet sich in einer gewissen Übereinstimmung mit dem Original, es erfaßt jedoch nicht alle Eigenschaften des von ihm repräsentierten Originalsystems, sondern nur die, die dem Modellgestalter hinsichtlich der Ziele der Modellierung als relevant erscheinen.
d) *Merkmal der Erklärung*: Die Modelle sind Hilfsmittel zum Erkennen; einmal werden sie verwendet als Denkschemata, auf die die zu erklärenden Erscheinungen zurückzuführen sind, und zum anderen als Hilfsmittel zum Erkennen neuer Realisierungsmöglichkeiten. Die erkenntnistheoretische Hauptfunktion besteht also darin, als Hilfsmittel bei der Erklärung von Erscheinungen zu dienen: einmal als Konkretisierung einer gegebenen Theorie, zum anderen m. E. vor allem auch zur Erklärung solcher Erscheinungen, für die noch keine folgerichtige Theorie aufgebaut ist. Das Modell ist im letztgenannten Fall zu verstehen als eine Stufe zur Hypothese und Theorie.
e) *Merkmal der Vermittlung*: Das Modell kann verstanden werden als Vermittlung *zwischen Experiment und Theorie*, als Bindeglied zwischen empirischen und theoretischen Erkenntnissen. Das Modell hat weiterhin eine Funktion der Vermittlung, die nicht nur das Verhältnis von Modell und Objekt betrifft, sondern auch das Verhältnis des Subjekts zum Modell und zum Objekt.
Das Modell erfüllt seine Abbildungs- und Ersetzungsfunktion u. a. immer bezüglich eines Subjekts bzw. mehrerer Subjekte, die die Ziele der Modellierung bestimmten, die grundlegenden Annahmen und Einschränkungen, auf denen das Modell beruht, formulierten.
f) *Merkmal der Steuerung*: Das Modell als Hilfsmittel zur Beherrschung der objektiven Realität.

Wir unterscheiden zwei Hauptklassen von Modellen, die materiellen und die gedanklichen Modelle. Als Oberklassen treten die physikalisch-chemischen die technischen, die biologischen, die graphischen, die allgemein-theoretischen und die mathematisch-logischen (formeltheoretischen) Modelle auf (vgl. Abb. 9, als Beilage). [156]

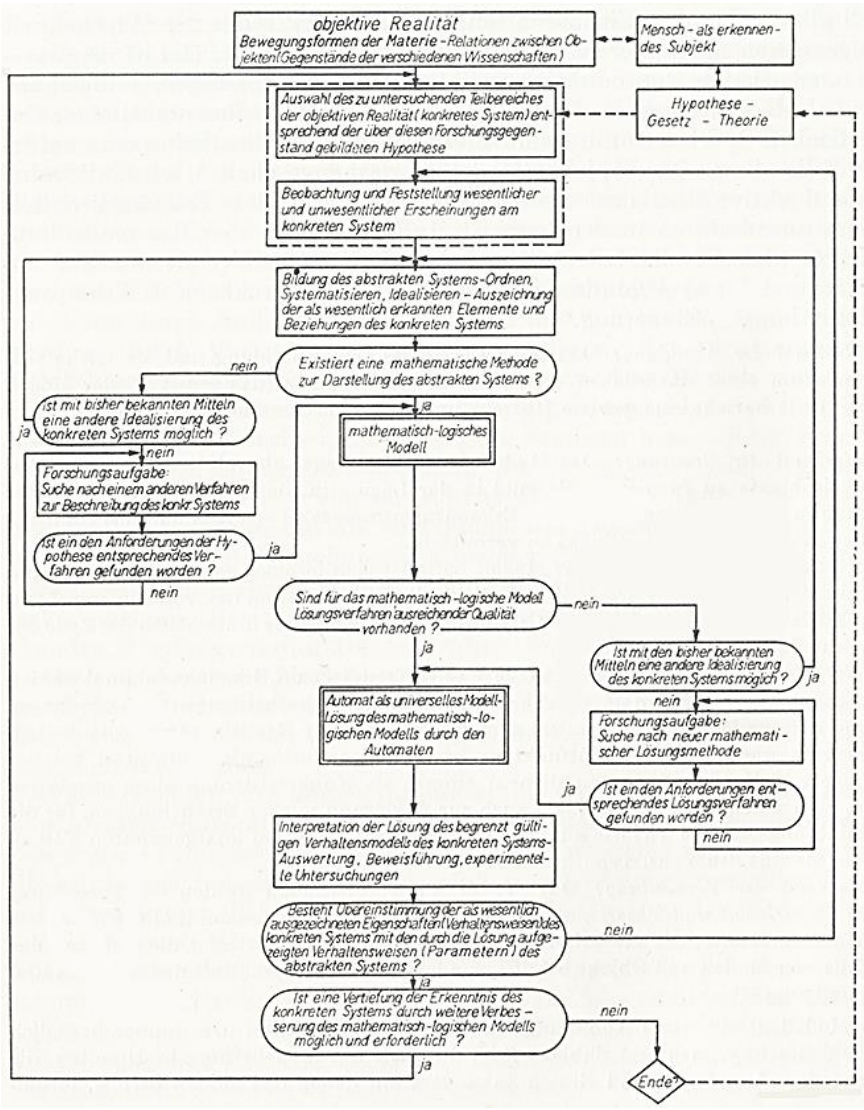



Abb. 8. Schema der Erarbeitung eines auf Automaten realisierbaren Modells.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Als erstes gilt es, das Problem exakt zu formulieren. Die erste Phase der Modellierung besteht im wesentlichen in einer Abstraktion, in der nur die für die Lösung der Aufgabe entscheidenden Zusammenhänge berücksichtigt werden. Durch Auszeichnung der in diesem Zusammenhang als wesentlich angesehenen Elemente und Beziehungen wird ein abstraktes System geschaffen. In der Phase des Entwurfs des mathematischen Modells geht es um die mathematische Beschreibung des abstrakten bzw. idealisierten Systems. Es muß die geeignete mathematische Darstellung des abstrakten Systems angegeben [157] werden. Es schließt sich die Phase der Ableitung der Lösung aus dem Modell an. Hier gilt es, den entsprechenden Lösungsalgorithmus zu erarbeiten, denn bei der Verwendung von mathematischen Modellen zur Beschreibung des abstrakten Systems ist entscheidend, daß auch die entsprechenden Verfahren zur Berechnung der Lösung bereitgestellt werden. Die sich daran anschließende Phase ist die der Überprüfung des Modells und seiner Losung in der Praxis. Diese Phase der Modellierung ist besonders wichtig, da die mathematische Lösung ja nur die Lösung des idealisierten Modells angibt. Wenn die Lösung nicht den entsprechenden Anforderungen entspricht, sind die Modellierung sowie ihre Voraussetzungen zu überprüfen. Da sich die Voraussetzungen, wie sie zum Zeitpunkt der Modellierung bestanden, verändern, gilt es, entsprechende Kontrollmöglichkeiten zur Überwachung und Anpassung der Lösung an die Veränderungen des Systems zu schaffen. Bei der Einführung der Lösung des Modells in die Praxis werden sich all die Beziehungen bemerkbar machen, von denen bei der Bildung des abstrakten Systems abstrahiert wurde, die in jedem konkreten System jedoch wirksam sind. Es wird daher immer eine Interpretation notwendig sein und eine immer weitergehende Anpassung an die Gegebenheiten der objektiven Realität. Das Problem kann sich jedoch auch als mit den gegebenen bzw. bekannten Methoden nicht lösbar erweisen. Es ist zu erwarten, daß im Prozeß der Anpassung des Modells an die abzubildende Realität die Phasen mehrfach zu durchlaufen sind, so daß offensichtlich ein Kreisprozeß vorliegt. Am Ende ist also meist nur ein relativ gültiges, den begrenzten Anforderungen der aufgestellten Hypothese gerecht werdendes Verhaltensmodell des untersuchten Teilbereichs der objektiven Realität erreicht.
Das Schema der Modellierung (FUCHS-KITTOWSKI/TSCHIRSCHWITZ) widerspiegelt das Vorgehen bei einem Modellierungsprozeß und ist damit gleichzeitig selbst das Modell eines geistigen Prozesses.

[157] Neben der Unterscheidung zwischen Verhaltens-, Struktur- und reinen Formmodellen ist also vor allem die Unterscheidung wichtig zwischen jenen Modellen, welche auf den Prinzipien physikalischer bzw. physikalisch-chemischer Modellierung beruhen, bei denen bestimmte Vorgänge am natürlichen Objekt mit physikalisch-chemischen Mitteln nachgebildet bzw. rekonstruiert werden, und solchen, die auf den Prinzipien mathematischer Modellierung beruhen. Bei letzterer ist das Modell bzw. Abbild im Vergleich zum Urbild von anderer Natur. Dies zeigt deutlich, daß sich der Modellbegriff nicht nur auf stoffliche Rekonstruktionen bezieht, wie oft behauptet wird. (Daß dies nicht der Fall ist, zeigt sich auch in der Tatsache, daß die Bakterienzelle bzw. der Erythrozyt als Modell für die Erforschung elementarer Regulationsmechanismen in höheren Organismen anzusehen ist, wobei davon ausgegangen wird, daß man in einem relativ überschaubaren Objekt das Allgemeine im Spezialfall erfassen kann.)

Ein Kennzeichen des Modells liegt in der Vereinfachung und Veranschaulichung. Die Beziehungen im Modell sind leichter zu überschauen als im Original. Die Vereinfachung, auch eine so radikale wie oft bei mathematischen Modellen z. T. notwendig, darf ihnen nicht zum Vorwurf gemacht werden, denn es ist nicht schlechthin eine Simplifizierung, sondern es wird vom Unwesentlichen in der Erscheinung abstrahiert und läßt so das Wesen der Erscheinungen hervortreten, gerade dies macht das Modell zum Mittel der Annäherung an die Wirklichkeit.

[158] Die alleinige Betonung der Vereinfachung und Veranschaulichung durch das Modell dringt nicht bis zum Kern der Problematik. Veranschaulichung ist keine allgemeine Eigenschaft des Modells. Es muß hier ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß es nicht nur anschauliche Modelle gibt. Dem Wesen nach ist das Modell ein Abbild, eine Abstraktion.

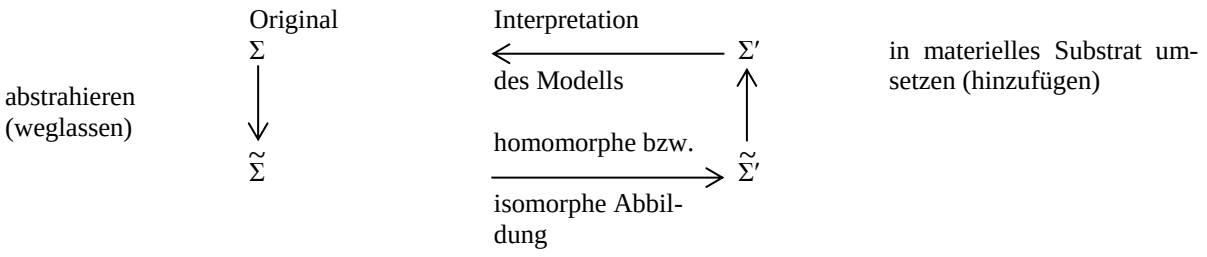
Da Modelle in bezug auf ihren Abbildungscharakter in gewisser Beziehung zum Begriff stehen, wird heute oft der Begriff selbst als Modell bezeichnet. Es muß jedoch m. E. klar zwischen Begriff und Modell unterschieden werden. Im Zusammenhang mit dem Begriff liegt eine zweistellige Erkenntnisrelation, eine Wechselbeziehung zwischen Subjekt und Objekt vor. Spricht man von einem Modell, so liegt eine dreistellige Erkenntnisrelation vor, eine Wechselbeziehung zwischen Subjekt und Objekt, die über das Modell vermittelt wird (vgl. WÜSTNECK, **187**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Diese Unterscheidung ist sicherlich ausreichend in bezug auf die gegenständlichen Modelle. Dem Modell als Gegenstand steht jedoch das mathematische oder Gedankenmodell gegenüber. Die Unterscheidung zum Begriff, zur Theorie wird hier wesentlich schwieriger. Verstehen wir jedoch das Gedankenmodell als eine Stufe im Erkenntnisprozeß, so wird auch hier seine vermittelnde Rolle deutlich. Man gelangt vom Modell zur Hypothese und von dieser zur Theorie, wobei der Modellbildung schon die im Modell zu erfassende Erfahrung vorangegangen sein muß. Beim Gedankenmodell wird der Versuch unternommen, neue bisher ungeklärte Fakten mit früheren Erkenntnissen in Übereinstimmung zu bringen. Gelingt dieser Versuch, so führt das Denkmodell zu einer Hypothese. Auf der Grundlage dieser Hypothese ist es möglich, bestimmte Eigenschaften des untersuchten Gegenstandes durch logisches Schließen vorherzusagen, die dann experimentell nachgeprüft werden können, bis die Hypothese experimentell so gut gesichert ist, daß sie zur sicheren Erkenntnis geworden ist. In diesem Sinne können wir das Modell als eine Stufe zum wissenschaftlichen Begriff, zur Theorie verstehen.

Im Zusammenhang mit der Abbildungsproblematik treten die Begriffe der Homomorphie und der Isomorphie auf. Die Konzeption des Homomorphismus drückt genau das aus, was gewöhnlich unter Modell verstanden wird. Ein Gegenstand wird in der Weise abgebildet, daß einige seiner Eigenschaften und deren Beziehungen auf entsprechende Eigenschaften und Beziehungen des Bildes übergehen. Andere Seiten können im allgemeinen von demselben Modell nicht wiedergegeben werden. Dies ist besonders hervorzuheben, da es oft übersehen wird.

Man kommt vom Original zum Modell durch drei Schritte:
*1. Schritt*: Im Original $\Sigma = [M, R_1, R_2, ... R_m, R_{m+i}, ... R_n ...]$ wird von unwesentlichen Elementen und Relationen abgesehen, sie werden im weiteren nicht betrachtet bzw. es werden nur endlich viele, im betreffenden Zusammenhang wesentliche Elemente und Relationen des (konkreten) Originals in die Untersuchungen einbezogen. Dadurch entsteht ein zielstrebig vereinfachtes, idealisiertes Original $\tilde{\Sigma} = [\tilde{M}, R_1, R_2, ... R_m]$. [159]
*2. Schritt*: Vom idealisierten Original $\tilde{\Sigma}$ wird ein homomorphes, meistens ein isomorphes Bild $\tilde{\Sigma}' = (M', R_1', R_2' ... R_m')$ konstruiert, das als ein abstraktes Modell aufzufassen ist.
*3. Schritt*: $\tilde{\Sigma}'$ wird materiell dargestellt, wobei zusätzliche Elemente und Relationen auftreten. Es entsteht dabei ein konkretes Modell
$\Sigma' = [M', R_1' ... R_m', ... R_p']$




In der oben eingeführten Sprechweise läßt sich sagen, daß hier eine in bezug auf ausgewählte Relationen homomorphe (meistens isomorphe) Abbildung aus dem Original in das Modell stattfindet. Nur das abstrakte Modell ist ein homomorphes (meistens isomorphes) Bild des idealisierten Originals.
Hier folge ich Überlegungen von G. WINTGEN; einen Hinweis von ihm beachtend, soll noch bemerkt werden, daß es möglich ist, durch Einführung fiktiver Elemente auch zwischen $\Sigma$ und $\Sigma'$ einen Homomorphismus zu definieren. Dadurch wird die in vielen Arbeiten, wie auch hier, ausgesprochene Homomorphie von Modell und Original formal gerechtfertigt.

Bestimmte Eigenschaften gehen verloren (Informationsverlust). Es muß auch berücksichtigt werden, daß ein Modell noch andere Eigenschaften aufweist; denn wenn alles am Modell als abgebildete Information des Originals gedeutet wird, bekommt man eine Scheininformation. Außerdem treten Relationsfehler auf. All das läßt die Problematik des Rückschlusses vom homomorphen Bild auf das Original erkennen. Einige Informationen gehen verloren – das Einzelne ist reicher als das Allgemeine, die Wirklichkeit reicher als die Theorie. „Der Materialismus besteht eben darin“, schreibt LENIN, „daß die Theorie als Abbild, als annähernde Kopie der objektiven Realität anerkannt wird.“ (**95**, S. 255.) Beim isomorphen Abbild kann

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

vom Bild eindeutig auf das Urbild rückgeschlossen werden, denn jedes Bildelement hat nur ein Urbild und jedes Urbild nur ein Bild. Es liegt eine umkehrbar eindeutige Zuordnung der Elemente vor. Bei einer homomorphen Abbildung kann es zu einem Bild mehrere Urbilder geben. Die homomorphe Abbildung ist ihrem Wesen nach nicht umkehrbar eindeutig, es ist also ein eindeutiger Rückschluß vom homomorphen Bild auf das Original nicht in jedem Fall vollständig möglich. Aus dieser gewissen Vieldeutigkeit ergibt sich die Möglichkeit unterschiedlicher Interpretation. Hier gewinnt die Erfahrung des Wissenschaftlers, sein Vermögen zum dialektischen Denken eine ganz besonders große Bedeutung. Ein homomorphes Abbild der Wirklichkeit, wieder bezogen auf diese, bedarf also immer noch der Ergänzung. So wird ein Antifaschist beim Lesen eines Berichtes über den antifaschistischen Widerstandskampf seinen persönlichen Einsatz in allgemeiner Form und unter vertieften Gesichtspunkten darin widergespiegelt finden, und doch gewinnt [160] der Bericht erst Leben und Farbe durch die Ergänzung des persönlichen Erlebens, der eigenen unmittelbaren Erfahrung.

Ein abstraktes System ist gekennzeichnet durch ein bestimmtes äußeres Verhalten, das seine Darstellung in mathematischen Gleichungen findet. Zwei Teile der Wirklichkeit heißen homomorph, wenn bestimmte Verbindungen des einen Teils der Wirklichkeit mit seiner Umwelt bestimmten Verbindungen des anderen Teils mit seiner Umwelt zugeordnet sind. Gleiches Verhalten wird durch gleiche Gleichungen beschrieben, d. h., beim mathematischen Modell werden die Funktionen des Abbildes durch Gleichungen beschrieben, die identisch sind den Gleichungen, mit denen die Erscheinungen am Urbild beschrieben werden. Solche Analogien sind nicht immer von vornherein deutlich, sondern treten erst beim mathematischen Herangehen an die Wirklichkeit hervor. Es können sich dann Analogien zwischen Erscheinungen zeigen, zwischen denen zunächst nichts Gemeinsames festgestellt werden konnte. Es kann sich erweisen, daß die Gleichungen, mit denen verschiedene Erscheinungen beschrieben werden, eine so große Ähnlichkeit besitzen, daß nicht mehr entschieden werden kann, welche Aufgabe durch die eine und welche durch die andere hätte gelöst werden sollen. Eine solche Ähnlichkeit zwischen Gleichungen und damit die Möglichkeit mathematischer Modellierung läßt sich auch für den hier in Rede stehenden Bereich aufdecken. In der Tat läßt sich nachweisen, daß Differentialgleichungen, die das Verhalten von Ventilen (Stellgliedern eines technischen Regelkreises) beschreiben, vielfach ähnlich und auch identisch den Differentialgleichungen der Enzymkinetik sind. Es liegt also eine Homomorphierelation vor, so daß hydrodynamische Vorgänge oder entsprechend geschaltete elektrische Netzwerke weittragende Modelle dieser Vorgänge sein können.

So zeigen ein Quecksilberthermometer oder ein Ohmscher Widerstand als P-Glieder mit Verzögerung 1. Ordnung ähnliches Verhalten wie eine monomolekulare Reaktion. Eine Temperaturregelstrecke kann das Verhalten eines P-Gliedes mit Verzögerung 2. Ordnung und damit ein analoges Verhalten zu dem einer bimolekularen Reaktion zeigen. Es kann also festgestellt werden, daß unter abstrakt funktionellem Gesichtspunkt ihrer Natur nach grundsätzlich verschiedene Erscheinungen, einmal das funktionelle Verhalten technischer Glieder und zum anderen Prozesse der Reaktionskinetik, mit gleichen Methoden beschrieben werden können.

Das Auffinden von Analogien zwischen realen Objekten der Wirklichkeit und ihre Modellierung auf Rechenautomaten kann die Durchführung der Analyse am Original erleichtern. Es mag unter anderem möglich werden, das Funktionieren unter Bedingungen zu untersuchen, die im Experiment unter natürlichen Bedingungen vielleicht außerordentlich schwierig oder gar nicht herstellbar sind. Das betrifft insbesondere biologische Objekte von solcher Kleinheit und Komplexität wie die einzelne Zelle. Die Modellmethode bietet gegenüber anderen Methoden der Verhaltensanalyse daher eine Reihe neuer Möglichkeiten, die sich aus dem Wesen dieser Methode ergeben.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Diese Abbildung befindet sich zwischen den Seiten 160 und 161.

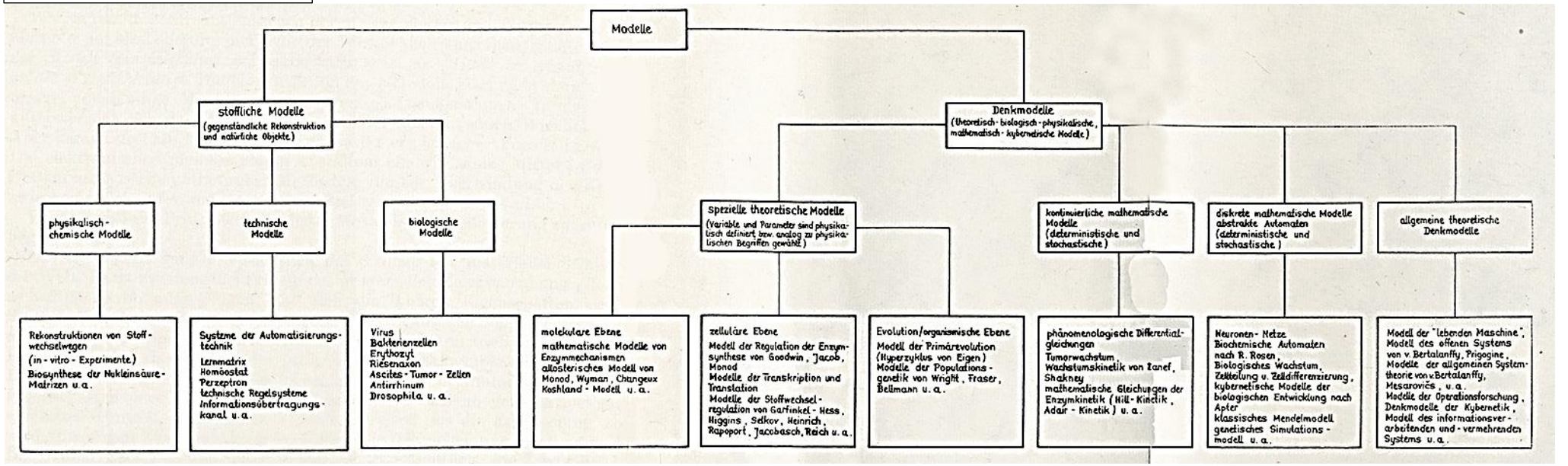



Abb. 9. Klassifikation von Modellen

Das Schema zeigt eine Einteilung der Modelle unter spezieller Berücksichtigung derjenigen, die zum Verständnis dynamisch regulierter Systeme, der Regulation des Zellstoffwechsels der Lebewesen wesentlich werden können.

Es geht aus von der grundsätzlichen Unterscheidung zwischen stofflichen (gegenständlichen) Modellen einerseits und Denkmodellen (Zeichenmodellen) andererseits. In jeder dieser beiden Grundklassen werden jeweils Oberklassen unterschieden (die physikalisch-chemischen, technischen, biologischen und die speziellen theoretischen, kontinuierlichen und diskreten mathematischen sowie die allgemeinen theoretischen Modelle) und mit entsprechenden Beispielen belegt. Die bisher für dynamisch regulierte Systeme entwickelten mathematisch-logischen Modelle lassen sich u. a. einteilen in deterministische und stochastische Automaten, wahrscheinlichkeitstheoretische Modelle und theoretisch-physikalische Modelle. Die speziellen theoretischen sind solche Modelle, die aus physikalischen Beschreibungen abgeleitet wurden. Sie lassen sich weiterhin unterteilen in Modelle, bei denen die Variablen und Parameter physikalisch definiert sind, die daher als Realmodelle bezeichnet werden, und solche, bei denen die Variablen und Parameter analog physikalischen Begriffen gewählt werden und die als operative Modelle bezeichnet können. Hier wurden sie in bezug auf verschiedene Ebenen (molekulare, zelluläre, mische) unterteilt.

Eines der wichtigsten deterministischen Modelle für biologische Regulationssysteme, das in die Gruppe der theoretisch-physikalischen Modelle gehört, ist das Massenwirkungsmodell. Innerhalb dieser Massenwirkungsmodelle wird nun wiederum unterschieden. Als Realmodelle werden Enzymsysteme gewöhnlich entweder a) als Gleichgewichtsmodelle oder b) Steady-state-Modelle beschrieben. Bei letzteren lassen sich wiederum zwei Typen unterscheiden: der Michaelis-Menten-Typ und der Briggs-Haldane-Typ, z. B. das Monod-Modell allosterischer Enzyme. Zu den operativen Modellen dieser Gruppe gehört das hier dargestellte Garfinkel-Hess-Modell der Glykolyse. Eine Sonderform des Massenwirkungsmodells für stationäre Systeme ist das Compartmentmodell z. B. Erythrozyten-Modell für $^{32}$P-Flux (vgl. FUCHS-KITTOWSKI und REICH, **41c**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[161] Wir sagten, daß wir uns entgegen der oft geäußerten Behauptung mit der Methode der Modellierung nicht von der Wirklichkeit entfernen, sondern daß *das Modell* (*einschließlich des mathematischen*) *ein Mittel zur Annäherung an die Wirklichkeit ist.* Die Konstruktion eines Modells zielt nicht darauf ab, unsere vollständige Kenntnis des Phänomens nachzuahmen. In der Tat unterscheidet sich das Modell immer von der abzubildenden Wirklichkeit. Aber gerade deshalb kann es Ausgangspunkt erfolgreicher Forschung sein. Die elektronischen Modelle bieten vor allem ein wirksames Mittel in dem System analytisch-synthetischer Methoden, die zur Überwindung der Kluft zwischen molekularer und integrativer Biologie anzuwenden sind.

Wichtig sind die Prinzipien, die dieser Methode der Modellierung zugrunde liegen.

Das ist erstens ganz offensichtlich das Prinzip der materiellen Einheit der Welt. Es ist zweitens das Prinzip des universellen Zusammenhangs, denn es wurde davon ausgegangen, daß sich die inneren Eigenschaften eines Systems in seinen äußeren widerspiegeln, daß die äußeren Eigenschaften ein entsprechendes Gegenstück in den inneren Eigenschaften des Systems haben. Es ist weiterhin das Prinzip der grundsätzlichen Erkennbarkeit der Welt. Bezeichnen wir die das System in seiner Qualität bestimmenden inneren Eigenschaften eines Dinges als sein Wesen und die Beziehungen des Systems mit seiner Umwelt, die äußeren Verhaltensweisen, als die Erscheinung, so wird vom engen Zusammenhang von Wesen und Erscheinung ausgegangen. Das Wesen erscheint, und die Erscheinung ist wesentlich, wie LENIN (**94**, S. 188) betonte, doch ist beides nicht identisch, sondern wir dringen immer tiefer „vom Wesen ... erster Ordnung zum Wesen zweiter Ordnung usw." vor. Es ist offensichtlich, daß die allgemeinen philosophischen Prinzipien, die der kybernetischen Methode der Modellierung zugrunde liegen, radikal mit jeder Spitzfindigkeit brechen, die einen Unterschied zwischen der Erscheinung und dem „Ding an sich" konstruieren will. Dieser Zug der Modellmethode wurde vor allem von LEY herausgearbeitet.

In seinem Vortrag „Materialität und Modell" führte LEY unter anderem dazu aus: „Das Aufkommen des Begriffes Modell hat seine bestimmten fixierbaren historischen Voraussetzungen. Er mußte sich in den vergangenen 30, 40 Jahren eine wesentliche Wandlung gefallen lassen. In den ersten 3 Jahrzehnten unseres Jahrhunderts bedeutete Modell Entfernung des wissenschaftlichen Begriffs von der objektiven Realität. Er findet Verwendung, um auszudrücken, daß sich wissenschaftliche Begriffe mit der objektiven Realität grundsätzlich nicht decken, womit zweifellos eine Seite des Sachverhalts erfaßt ist. Das einseitige Insistieren auf diesen Moment entfaltete sich innerhalb einer erkenntnistheoretischen Position, die sich selbst Positivismus nennt. In den Naturwissenschaften war damit eine gewisse Selbstverständigung verbunden. Die philosophische Überlegung rechtfertigte das Ablösen von der Anschauung und ihren wirkungsvollen Ersatz durch die anschauliche wissenschaftliche Abstraktion. Da jedoch der Bezug auf Anschauung erhalten blieb und als Muster der Verständigung weiterhin zu gelten hatte, mußte sich ein entsprechendes Korrektiv durchsetzen. In den vergangenen 30 Jahren setzte sich ein schon vorher begonnener umgekehrter Trend durch. Er bezieht seinen Einfluß aus der Erfahrung, daß Modell und Modellmethode ein wirksames Instrument ergeben, um sich durch [162] wirkungsvolles Einschränken der als wesentlich bewährten Parameter der Wirklichkeit mittels homomorpher und isomorpher Abbildung mehr annähern zu können. Diese Periode ist ausgezeichnet durch den Ausbau einer ganzen Reihe mathematischer Theorien." (**98**, S. 801.) An anderer Stelle wird nochmals der entscheidende Gedanke hervorgehoben: „Seit den zwanziger Jahren haben die Modellvorstellungen und Modelle den positivistischen Beigeschmack verloren, von der materiellen Wirklichkeit außerhalb des menschlichen Bewußtseins zu trennen." (**98**, S. 803.) Um die Tatsache zu unterstreichen, daß das Modell ein wichtiges Instrument der Erkenntnis darstellt, werden folgende Ausführungen von STEINBUCH hervorgehoben, die auch wir hier wiedergeben wollen.
STEINBUCH schreibt: „Mit dem Bau der Modelle nähern wir uns der Außenwelt, wir distanzieren uns nicht von ihr, wie man es bei der verbalen Beschreibung durch die unvermeidbare Abstraktion bei der Begriffsbildung zwangsläufig tut.
Die Anwendung der Modelle trägt häufig auch weiter als die mathematische Beschreibung. Beispielsweise kann man mit Analogrechnern (die geradezu der Prototyp der Modellmethodik sind) Probleme ‚lösen', die uns in der mathematischen Formulierung undurchschaubar bleiben.
*Was wir herstellen können, das haben wir begriffen, in viel höherem Maße als das, was wir nur mit Worten beschreiben können.*" (**160**, Ausgabe 1965, S. 327.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Was wir herstellen können, das haben wir begriffen, dies ist eine außerordentlich wichtige erkenntnistheoretische Feststellung. Es sei jedoch vermerkt, daß, wie LENIN herausgearbeitet hat, wir uns auch durch die Abstraktion nicht von der Wirklichkeit entfernen, sondern die „Abstraktion spiegelt die Natur tiefer, getreuer, vollständiger wider“ (**94**, S. 89).

Bekanntlich hat sich LENIN sehr intensiv mit den verschiedenen Spielarten des Subjektivismus auseinandergesetzt. Dabei nutzt er u. a. auch Gesichtspunkte, die HEGEL in der Auseinandersetzung mit KANT herausgearbeitet hat. Unter Hinweis auf einen entsprechenden Gedanken bei ENGELS in „Ludwig Feuerbach“ macht LENIN die Bemerkung, daß HEGEL, soweit dies vom idealistischen Standpunkt möglich ist, schon alles Grundsätzliche zur Kritik KANTs gesagt hat. (**94**, S. 87.) Für das richtige Verständnis der Modellmethode, wie sie sich jetzt weitgehend herausgebildet hat, sind die Gedanken HEGELs in der Auseinandersetzung mit KANT außerordentlich fruchtbar. Sie sollten weiter ausgeschöpft werden. Das Wesen erscheint, und die Erscheinung ist wesentlich, bzw. in bezug auf unsere spezielle Problematik – es gibt einen engen Zusammenhang zwischen äußeren und inneren Verhaltensweisen der Systeme.

Jedes System hat demnach eine innere und eine äußere Verhaltensweise. *Die innere Verhaltensweise ist bestimmt durch die Beziehungen der Teile des Systems zueinander. Die äußere Verhaltensweise ist bestimmt durch die Beziehungen des Systems zu seiner Umwelt.*

Äußere und innere Verhaltensweisen stehen in einem außerordentlich engen Zusammenhang. Es ist jedoch zweckmäßig, zwischen diesen zwei Verhaltensweisen eines Teils der Wirklichkeit zu unterscheiden. Dies hebt u. a. PESCHEL hervor (**122**, S. 791), indem er gleichzeitig betont, daß beide Verhaltensweisen so eng miteinander in Beziehung stehen, daß die Hypothese einer eindeutig umkehrbaren Entsprechung der wesentlichen Beziehungen auf-[163]gestellt werden könnte. Daraus kann nun wiederum die Arbeitshypothese abgeleitet werden, daß es keine zwei Teile der Wirklichkeit mit gleicher äußerer aber unterschiedlicher innerer Verhaltensweise (in bezug auf die wesentlichen Beziehungen) gibt.

Das Anliegen der Kybernetik ist die Untersuchung der inneren und äußeren Verhaltensweisen. Verhaltensweisen können ihren Ausdruck finden in verschiedenen Größen, deren Werte nach Zeitfunktionen verlaufen. Zwischen diesen Funktionen bestehen gewisse mathematische Abhängigkeiten. In diesem Sinne verstanden, ist der Begriff der Verhaltensweise ein kybernetischer Begriff. Die mathematischen Relationen beschreiben das Verhalten vieler konkreter Systeme, sie sind unabhängig von den konkreten Systemen, von denen sie abstrahiert wurden.

Der Bestimmung der äußeren Verhaltensweisen dient das Prinzip der „black box“. Die Bestimmung der inneren Verhaltensweise, der Struktur des Systems, führt über ein Modell.

Das Problem der „black box“ entstand ursprünglich bei den Elektroingenieuren und Regelungstechnikern. Diese Methode ist jedoch von viel weittragenderem Interesse, da sie unabhängig von der konkreten Bewegungsform der Materie in verschiedenen Bereichen der Wirklichkeit angewendet werden kann. *Ihre Hauptfrage ist eben, ob das Gefüge der inneren Verbindungen aus dem beobachteten äußeren Verhalten deduziert werden kann.*

Diese Methode der Untersuchung ist gerade für komplexe und hochkomplexe Systeme besonders wichtig. Eine eingehende Besprechung dieser Methode ist jedoch hier nicht unser Ziel. Es sei nur das Grundprinzip vermerkt. Die Beziehung eines Systems mit seiner Umwelt wird über bestimmte physikalische Größen hergestellt, die im allgemeinen nicht unabhängig voneinander sind. Wenn sich die Verbindungen eines Systems mit der Umwelt gegenseitig beeinflussen, so ist es möglich, die äußeren Verhaltensweisen dadurch zu erfassen, daß man gewisse Verbindungen in ihren Werten (plötzlich) verändert und daraufhin untersucht, welche Wirkungen das auf die übrigen Verbindungen hat – noch allgemeiner – *man untersucht die Reaktion des Systems auf äußere Störungen*. Der Physiologe DRISCHEL untersuchte z. B. auf diese Weise das dynamische Verhalten des Pupillenapparates.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

„Die Sprungfunktion“ (im Sinne des Regelungstechnikers), schreibt DRISCHEL, „bedeutet hier eine plötzlich einsetzende und sodann mit gleicher Intensität anhaltende Reizbelichtung, also Einschalten von Dauerlicht ... Die Antwort der Pupille, ihre ‚Übergangsfunktion‘ ... besteht aus einer nach gewisser Latenz einsetzenden Verengung, die mit einem Überschwingen und Nachschwankungen eine neue Weite erreicht.“ In ähnlicher Weise wurden auch noch andere biologische Systeme, wie z. B. die Regulation des Blutzuckers, untersucht (**27**).

Die „Black-box-Methode“ ist ein Spezialfall des allgemeinen experimentellen Herangehens; denn wollen wir über Wechselwirkungen etwas erfahren, dann wirken wir immer mit einer äußeren Ursache auf das System von Kausalbeziehungen ein und erhalten eine Wirkung. Von der Wirkung schließen wir auf die Veränderungen im System.

[164] Zur Struktur bzw. inneren Verhaltensweise des Systems kommen wir über ein Modell. Soll die Verteilung der miteinander in Beziehung stehenden Teilsysteme, der innere Aufbau des Systems, erforscht werden, zeichnet man bestimmte Verbindungen des Systems mit der Außenwelt als zulässig aus. Man untersucht die äußere Verhaltensweise des Systems und versucht, dann ein Modell zu entwickeln, welches die gleiche äußere Verhaltensweise zeigt. Da nach unserer Hypothese die äußere Verhaltensweise in enger Beziehung steht zu der inneren, ist anzunehmen, daß mit der Modellierung der äußeren Verhaltensweise auch Teile der inneren mit modelliert wurden. Es werden wieder bestimmte Beziehungen des Teils der Wirklichkeit mit der Umwelt als wesentlich ausgezeichnet, die Versuche werden wiederholt, und man gelangt möglicherweise zu einem verbesserten Modell. Dieses Modell müßte dann in der Lage sein, diese äußeren Verhaltensweisen zu simulieren und damit auch mehr mit der inneren Verhaltensweise des untersuchten Teils der Wirklichkeit gemeinsam haben[1]. Ist es möglich, alle Verbindungen des Systems mit seiner Umwelt zu untersuchen, so müßte es möglich sein, das Modell immer weiter zu vervollkommnen, so daß es auch alle diese äußeren Verhaltensweisen zeigt. In diesem Falle wäre das Modell mit dem untersuchten Teil der Wirklichkeit hinsichtlich seines äußeren Verhaltens und auch entsprechend der Zuordnung zwischen äußerem und innerem Verhalten in seinem inneren Verhalten im wesentlichen identisch geworden. Diese Zuordnung wird meist keine isomorphe sein, sondern den Charakter eines allgemeinen Homomorphismus tragen.

Aus dieser Dialektik von Außen und Innen ergibt sich auch die Hypothese, daß dieselben Gesetze des Organismus sowohl durch die Erforschung des „Außen“ des Verhaltens als auch durch die Erforschung des „Innen“, durch die Erforschung der physiologischen Mechanismen (des inneren Verhaltens) aufgedeckt werden könnten.
Die Erkenntnis der Relativität der Gegensätze von Außen und Innen, wie sie in der oben angeführten Hypothese zum Ausdruck kommt, führt nun leicht wieder zur völligen Relativierung der Gegensätze. So will z. B. WIESER diese Begriffe überhaupt aufgeben. Er schreibt im Sinne der oben angeführten Hypothese: „Eine Erkenntnis, die eigentlich nicht überraschen sollte, die aber durch die historisch bedingte Aufspaltung des Organismus in einen Leib- und einen Seelenteil – wobei das Verhalten als eine Projektion des letzteren im Medium des ersteren gesehen wurde – unter dem Wust unklarer Definitionen und unscharfer Begriffe durch lange Zeit hindurch verschüttet gewesen war. Der Organismus ist eine Einheit und auch die Anwendung von topographischen Bezeichnungen wie ‚außen‘ und ‚innen‘ ist irreführend. Der einzige Unterschied, der zwischen den biologischen Teilwissenschaften besteht, ist, daß sie ihre Analyse auf verschiedenen Ebenen der Integration durchführen.“ (**186**, S. 63-64.)
In der Tat zeigen uns alle die verschiedenen Untersuchungsmethoden der Biochemie zur Erforschung des Zellstoffwechsels, wie dieser auf verschiedenen Ebenen der Integration im Niveau mehrerer Organisationsstufen untersucht werden muß. Dies zeigt uns die Relativität der einmal festgelegten Beziehungen zwischen Außen und Innen. Auf der anderen Seite wird aber jeweils durch die Festlegung der Integrationsstufe, auf der die Unter-[165]suchung vorgenommen werden soll, der relative Gegensatz zwischen „außen“ und „innen“ erneut gesetzt. Auf jeder Ebene der Organisation lebender Systeme, ob Zellorganellen, Gesamtzelle oder Gesamtorganismus, treten spezifische Gesetzmäßigkeiten auf, die auch jeweils spezieller Untersuchungsmethoden bedürfen. Daher sind diese Bezeichnungen durchaus nicht irreführend; so recht WIESER auch hat, die Einheit des Organismus zu betonen, so sind diese Begriffe doch Widerspiegelung objektiver Beziehungen, die in ihrer Dialektik verstanden werden müssen.
Wir müssen ihm zustimmen, wenn er darauf verweist, daß der Aufdeckung der engen Beziehungen zwischen äußerem Verhalten (oder schlechthin dem Verhalten) und innerem Verhalten (oder den physiologischen Mechanismen) der „Wust unklarer Definitionen und unscharfer Begriffe“, aber vor allem die Leib-Seele-Problematik der idealistischen Philosophie entgegenstand. Das beweist nur zu nachdrücklich die Grundkonzeption des Jesuitenpaters

[1] Ich folge hier Vorstellungen, wie sie u. a. von PESCHEL in verschiedenen Arbeiten entwickelt wurden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

TEILHARD DE CHARDIN (**165**). Es ist sein Verdienst, unter klerikalen Bedingungen und den bestehenden gesellschaftlichen Verhältnissen den Entwicklungsgedanken durchgeführt zu haben. Diese Entwicklungskonzeption wird jedoch mystifiziert durch den ihr zugrunde liegenden Gedanken einer Entwicklung eines materiellen Äußeren und eines psychischen Inneren. Er schreibt: „Da der Stoff des Universums irgendwo eine Innenseite hat, ist er notwendigerweise von *zweiseitiger Struktur*, und zwar in jedem Raum- und Zeitabschnitt, ebensogut wie er etwa körnig ist: *es gibt eine Innenseite der Dinge, die ebenso weit sich erstreckt wie ihre Außenseite* ...
Nimmt man die Urmaterie auf ihrer untersten Stufe, eben da, wo wir uns am Beginn dieser Seiten befanden, so ist sie mehr als das Atomgewimmel, das die moderne Physik so wunderbar analysiert hat. Wir müssen unter dieser ersten mechanischen Schicht eine ‚biologische' Schicht annehmen, die zwar äußerst dünn, aber absolut unentbehrlich ist, um den Zustand des Kosmos in den folgenden Zeiten zu erklären. *Ein Innen, ein Bewußtsein und deshalb Spontaneität; diese drei Ausdrücke meinen die gleiche Sache ...*" (**165**, S. 31 f.) Die Dialektik von Äußerem und Innerem ist ein wesentlicher Bestandteil der dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption. Die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption orientiert auf die Berücksichtigung der konkreten Vermittlung zwischen Umweltbedingungen (äußeren Ursachen) und Systembedingungen (inneren Ursachen). Es kommt dabei entscheidend darauf an, sowohl die Wechselbeziehungen der inneren als auch die der inneren mit den äußeren Bedingungszusammenhängen genauer zu differenzieren. (Wir kommen auf diese Problematik, insbesondere bei der Besprechung des Streites um die Ursachen der Variabilität, S. 377 f., zurück.) Wie wir sahen, sind bei der konkreten Differenzierung und Untersuchung der wechselseitigen Beziehungen kybernetische Gedankengänge besonders fruchtbar, insbesondere der in der Kybernetik verwendete mathematische System-Modell-Begriff. Wichtig ist in diesem Zusammenhang vor allem auch die im dialektischen Materialismus bei der Widerspruchsproblematik getroffene Unterscheidung zwischen äußeren und inneren Widersprüchen. Ein innerer Widerspruch besteht im Rahmen einer bestimmten Qualität, wie z. B. der Widerspruch zwischen Proletariat und Bourgeoisie im System der kapitalistischen Gesellschaft. Ein äußerer Widerspruch ist die äußere Erscheinungsform eines inneren Widerspruchs, bzw. die beiden gegensätzlichen Seiten gehören verschiedenen Qualitäten an, wie dies z. B. im Widerspruch zwischen Organismus und Umwelt oder auch zwischen Natur und Gesellschaft deutlich wird. Innere und äußere Widersprüche sind voneinander nicht getrennt, sondern stehen miteinander in enger Wechselbeziehung. Hier, wie überhaupt, heißt dialektisches Denken, die Erscheinungen in ihrer objektiven Widersprüchlichkeit zu erfassen, die Gegensätze jedoch nicht einander diametral entgegenzusetzen, sondern sie ihres absoluten Charakters zu entkleiden, die Möglichkeit und die Notwendigkeit ihres Ineinanderübergehens hervorzuheben.
[166] Es ist eine Grundthese des dialektischen Materialismus, daß die inneren Widersprüche die Qualität und das Wesen der Dinge bestimmen, daß sie die entscheidende Triebkraft der Bewegung und Entwicklung sind. Es wird sich zeigen, daß die konsequente Anwendung dieser These auf die Probleme der Entwicklung biologischer Systeme zu einem tieferen Verständnis des Lebensgeschehens führen kann. Hier sei zunächst nur vermerkt, daß die Beachtung innerer Ursachen und der konkreten Vermittlung zwischen inneren und äußeren alle Auffassungen widerlegt, die das Geschehen auf geistige Triebkräfte oder auf eine unergründbare Spontaneität zurückführen wollen.

Gestützt auf das reichhaltige Material (WAGNER, **175**), das die junge „biologische Regelkunde" schon erarbeitet hat, ließen sich noch eingehender die weitgehenden Gemeinsamkeiten biologischer und technischer Regelung und die Möglichkeiten und Bedeutung mathematischer Modellierung herausarbeiten. Im Vorangegangenen verwiesen wir schon auf die enge funktionelle Verwandtschaft zwischen biologischen Reglern und den drei Haupt-Reglertypen, wie wir sie in der Automatisierungstechnik vorfinden, die P-Regler, I-Regler und PID-Regler. Der Vergleich zwischen technischen und biologischen Reglern führte zur Formulierung neuer allgemeiner Gesetzmäßigkeiten in bezug auf das Regulationsgeschehen im lebenden Organismus, wie dies u. a. das von VENDRYES 1958 formulierte „loi des concentrations et des débits" zeigt (**172**). Unter anderem läßt sich auf der Grundlage dieser Gesetzmäßigkeiten die Atemregulation als biologisches Rückkopplungssystem genauer analysieren.

Die Forschungsergebnisse von v. HOLST, MITTELSTAEDT, WAGNER und DRISCHEL, um nur einige der deutschen Pioniere der „biologischen Regelkunde" zu nennen, zeigen eindringlich, daß sich durch die Anwendung der Methoden und Denkverfahren der Automatisierungstechnik ein weites und fruchtbares Arbeitsgebiet für die biologische Forschung eröffnet.

Wie eingangs schon gesagt wurde, beschränken sich die Untersuchungen auf den höher differenzierten Organismus, wie z. B. auf die Dynamik vegetativer Regelungsvorgänge, Blutzuckerregelung (DRISCHEL, **28**,[1]) Temperaturregelung und vieles mehr. Da ich mich hier auf die

[1] Vgl. in: Regelungsvorgänge in lebenden Wesen. München 1961.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Darstellung der Probleme der Regulation des Zellstoffwechsels beschränken werde, kann auf das eigentliche bisherige Anwendungsgebiet regelungstechnischer Verfahren und Denkmethoden und die hier schon recht weit vorangetriebenen mathematischen Modelle nicht weiter eingegangen werden. Der Rechenautomat ist eine sehr moderne, zum Teil noch zukünftige Möglichkeit der Modelldarstellung in der Biologie. Auf solche zukünftigen und heute schon vorzubereitenden Wege hinzuweisen, mag in bezug auf die hier angestrebte Problematik sinnvoller sein als über schon beschrittene Wege zu berichten. Es ist prinzipiell möglich, auch Stoffwechselreaktionen in ihrer komplizierten Verflechtung auf Rechenmaschinen darzustellen.

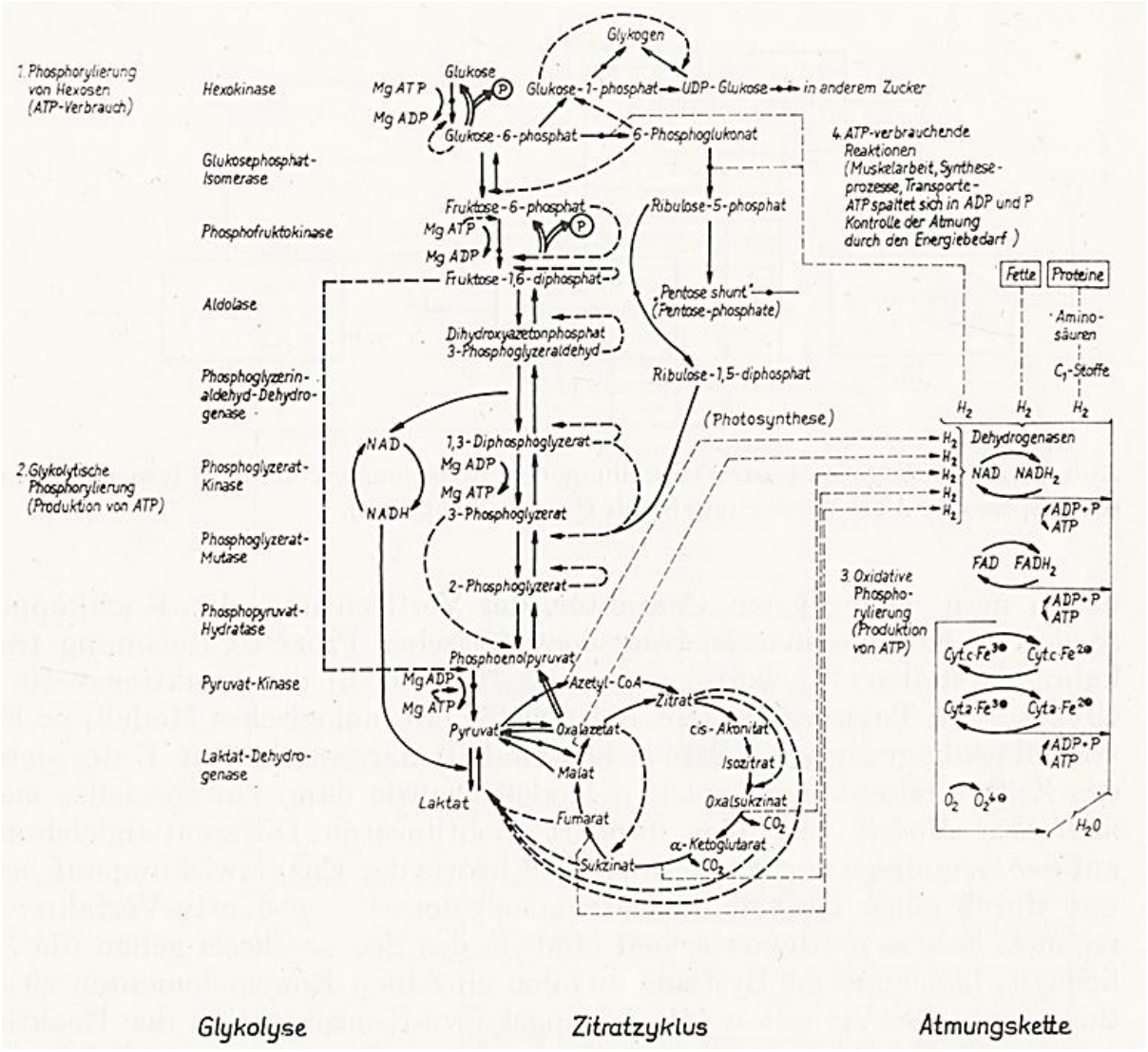



Abb. 10. Wechselbeziehungen zwischen Atmung und Glykolyse. Es gibt wenigstens vier wesentliche Wechselwirkungen zwischen Atmung und Glykolyse: [Abb. 10, S. 167 des Buches]
1. Langfristige Hemmung der Glykolyse durch die Atmung, auf Grund der Konkurrenz um ADP (als Phosphatakzeptor) und um anorganisches Phosphat ≅ Pasteur-Effekt.
2. Langfristige Hemmung der Atmung durch die Glykolyse nach Zugabe von Glukose ≅ Crabtree-Effekt.
3. Kurzfristige Aktivierung der Atmung nach Zugabe von Glukose (untersucht von CHANCE und HESS).
4. Kurzfristige Hemmung der Atmung und der Glykolyse nach Zugabe von Glukose sowie Aufhebung beider Hemmungen durch Zugabe eines Entkopplers (untersucht von CHANCE und HESS).

Die Pfeile mit Punkt demonstrieren Kontrollschritte der Stoffwechselkette. Die gestrichelten Pfeile zeigen Aktivierungen oder Hemmungen durch die gekennzeichneten Metabolite. (Der 1,3-Diphosphoglyzerateinfluß auf die Phosphoglyzeromutase soll die Coenzymwirkung veranschaulichen, die das 1,3-DPG nach seiner Umwandlung in 2,3-Diphosphoglyzerat hat.) Die Hohlpfeile zeigen Reaktionen, in denen die Resynthese durch ein anderes Enzym katalysiert wird als der Abbau.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Es lassen sich einfache Systeme wie z. B. Zellatmung und Glykose isolieren und durch Blockschaltbilder oder andere graphische Modelle, mit [168] denen man dem offenen Charakter, der Verflechtung, der Rückkopplung sowie der Kompartmentisierung enzymatischer Prozesse Rechnung tragen kann, darstellen. So wurde z. B. von HESS (**53b**) die Reaktionskette der Glykose von Tumorzellen (ein Beispiel für ein biologisches Modell) in Form von Blockdiagrammen (graphisches Modell) dargestellt. Zur Untersuchung des Zeitverhaltens eines solchen Modells wurde dann ein spezielles *mathematisches Modell* von über hundert nichtlinearen Differentialgleichungen auf der Grundlage der Massenwirkungstheorie der Enzymwirkung aufgestellt und durch einen Rechenautomaten nach dem Runge-Kutta-Verfahren berechnet. Solche mathematischen Modelle des Stoffwechsels geben die Möglichkeit, biochemische Systeme aus den einzelnen Enzymelementen zu synthetisieren, ihr Verhalten (die Lösungskurve-Konzentration der Reaktionspartner als Funktion der Zeit) mit experimentell gesammelten Erfahrungen bei stationären, transienten oder oszillatorischer Bewegungen zu vergleichen, wobei das Verhalten biochemischer Systeme mathematisch auch unter solchen Bedingungen geprüft werden kann, die experimentell nicht zugänglich sind.

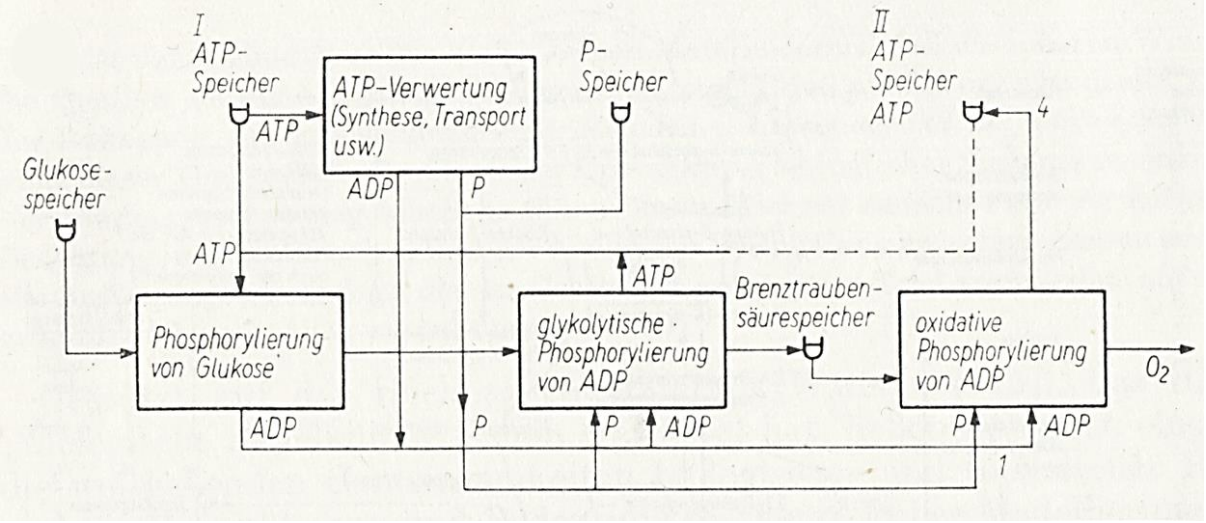



Abb. 11. Blockdiagramm zur Darstellung der Reaktionen von Glykolyse und Atmung sowie spezieller ATP-Verwertung (nach HESS und CHANCE). [Abb. 11, Seite 168 des Buches]

Es soll am Beispiel des Garfinkel-Hess-Modells der Glykose (Abb. 10 und 11) der heuristische Wert dieser Modellmethode deutlich gemacht werden. Dabei wird von der These ausgegangen, daß ein mathematisches Modell (dessen Eigenschaften durch elektronische Rechenautomaten dargestellt werden können) erst dann von heuristischem Wert sein wird, wenn es der Überprüfung experimenteller Ergebnisse, ihrer Integration und theoretischen Fundierung dient. Die Methode der Modellierung und der moderne Modellbegriff sind nicht mehr eingeschränkt auf materielle Modelle, sondern umfassen auch Gedankenmodelle mathematische Strukturen. *Im Modell sind experimentelle Daten und theoretische Vorstellungen vereinigt, wodurch es zu einem Bindeglied zwischen Experiment und Theorie wird* (Abb. 12; siehe nächste Seite).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

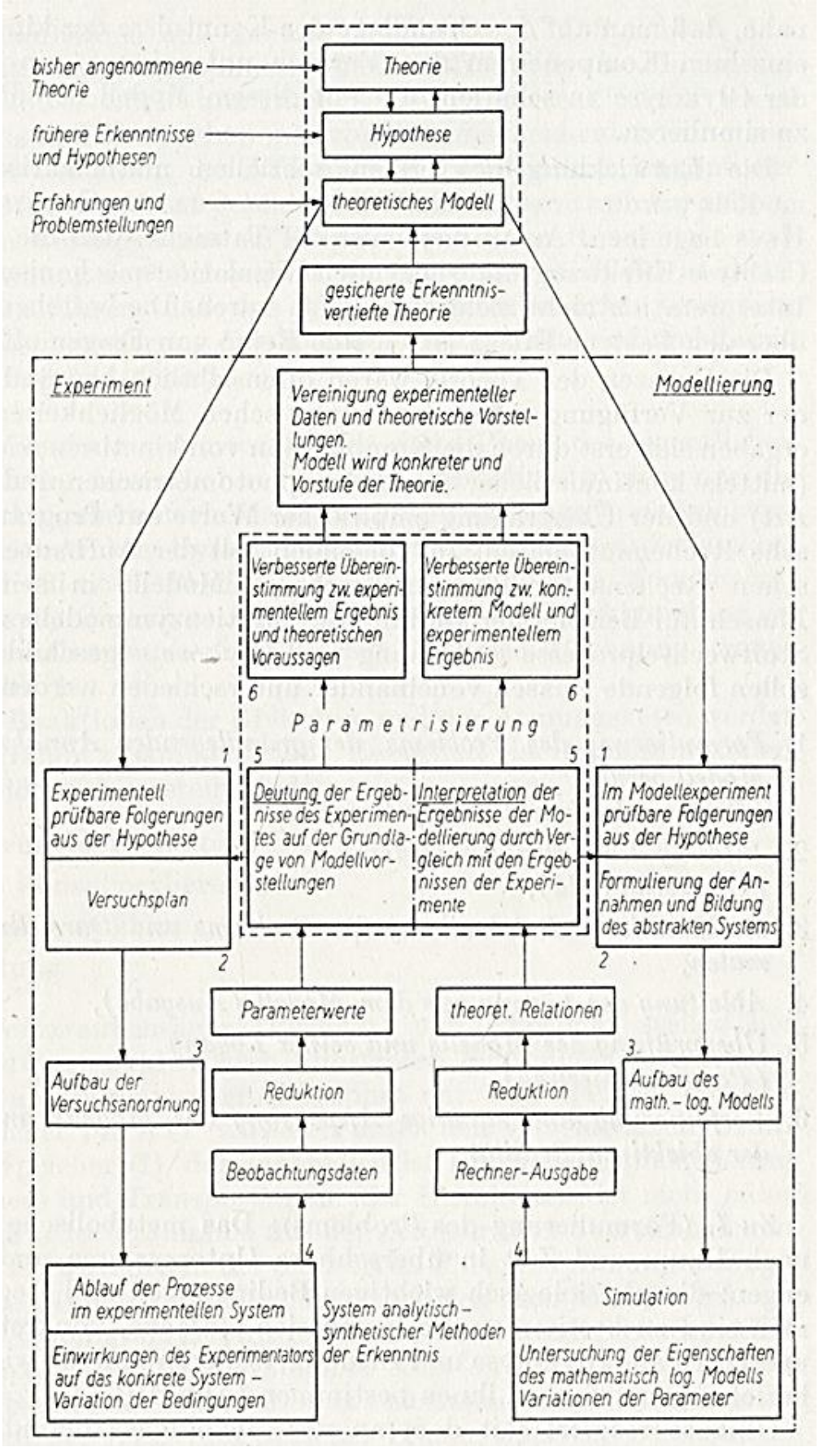



Abb. 12. Das Modell als Bindeglied zwischen Experiment und Theorie als Ausdruck der Einheit von Empirischem und Theoretischem in der wissenschaftlichen Erkenntnis. [Abb. 12, S. 169 des Buches]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Heute steht eine Fülle experimenteller Daten über die Kinetik und Reaktivität der einzelnen glykolytischen Enzyme zur Verfügung. Es liegt daher [170] nahe, daß man auf der Grundlage der Kenntnisse der kinetischen Daten der einzelnen Komponenten den Versuch unternimmt, ein Multienzymmodell der Glykolyse zu schaffen, um mit diesem Modell den Prozeß der Glykose zu simulieren.

Die Entwicklung des ersten speziellen mathematischen Multienzymmodells wurde vor etwa zehn Jahren von CHANCE, GARFINKEL, HIGGINS und HESS begonnen. Anlaß dazu war die Tatsache, daß die dem Pasteur- und Crabtree-Effekt zugrunde liegenden Regulationsmechanismen einer einfachen Interpretation nicht mehr zugänglich waren. Die bestehenden Vorstellungen über den Pasteur-Effekt ließen eine Reihe von Fragen offen.

Die Grenzen der Theorie waren offensichtlich begründet in den Grenzen der zur Verfügung stehenden analytischen Möglichkeiten. Neuere Aspekte ergaben sich erst durch die Kombination von kinetischen Metabolit-Analysen (mittels kontinuierlicher Methoden photometrischer und elektrometrischer Art) und der Übertragung empirischer Werte auf Programme für elektronische Rechenautomaten. Im folgenden soll der Aufbau eines auf elektronischen Rechenautomaten realisierbaren Modells in seinen verschiedenen Phasen am Beispiel der Bildung des Multienzymmodells zur Simulation der Stoffwechselprozesse – Atmung und Glykose – geschildert werden. Dabei sollen folgende Phasen voneinander unterschieden werden:

1. *Formulierung des Problems, der grundlegenden Annahmen auf denen das Modell beruht* (*Bildung des konkreten Systems*),

2. *Bildung des abstrakten Systems* (*Blockschaltbild*),

3. *mathematische Beschreibung des Problems und Darstellung auf dem Automaten,*

*4. Ableitung der Lösung aus dem Modell* (*Ausgabe*),

5. *Überprüfung des Modells und seiner Lösung* (*Parametrisierung*),

*6. Verfeinerung und ständige Anpassung des Modells an die Gegebenheiten der objektiven Realität*

*Zu 1*. (Formulierung des Problems): Das metabolische System (Zelle) ist nach Raum und Zeit in übersehbare Untersysteme und Einheiten einzuengen: die physiologisch wichtigen Bedingungen und Regulationsmechanismen sind zu bestimmen. So lassen sich einfache, konkrete Systeme, wie in unserem Falle Glykolyse und Atmung, isolieren und die wichtigsten Wechselbeziehungen zwischen ihnen bestimmen (Abb. 10).

Glukose reagiert mit dem an der Hexokinase befindlichen ATP unter Bildung von ADP und Glukose-6-Phosphat (Phosphorylierung der Glukose). Das gebildete ADP aktiviert auf Grund seiner höheren Affinität zur Atmungskette die Atmungskettenphosphorylierung und führt damit zu einer [171] erhöhten Sauerstoffaufnahme und zu mitochondrialer ATP-Synthese. Die verstärkte Anfangsatmung schlägt innerhalb einer Minute in eine Hemmung der Atmung, den Crabtree-Effekt um. Die Ursache für diesen Effekt ist nicht völlig geklärt. CHANCE und HESS gehen nun von der entscheidenden Annahme aus, daß dies mit der Verteilung des ATP auf die Mitochondrien zusammenhängt. Das in den Mitochondrien gebildete ATP wird hier zurückgehalten. Dies führt zu einem Versiegen des ATP-Speichers an der Hexokinase und damit zu einer Hemmung der Glukosekinetik. Der Crabtree-Effekt ist demnach darauf zurückzuführen, daß das ATP der Mitochondrien besonders verlangsamt zur Phosphorylierung der Glukose bereitgestellt wird und damit auch nur wenig ADP gebildet wird.

*Zu 2*. (Bildung des abstrakten Systems): Die erste Phase der eigentlichen Modellierung besteht im wesentlichen in einer *Abstraktion,* in dem nur die für die Lösung der Aufgabe entscheidenden Zusammenhänge berücksichtigt werden. Es wird ein abstraktes System geschaffen. So las-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sen sich *Zellatmung* und *Glykolyse* durch *Blockschaltbilder* oder andere graphische Modelle, mit denen man dem offenen Charakter, der Verflechtung, der Rückkopplung sowie der Compartmentisierung enzymatischer Prozesse Rechnung tragen kann, darstellen (Abb. 11).

Die wesentlichen Reaktionen der Glykolyse und der Atmungskette werden in diesem Blockdiagramm zusammengefaßt. Es enthält vier Grundfunktionen, die als vier Hauptblöcke dargestellt sind:

1. die Phosphorylierung der Glukose

2. die glykolytische Phosphorylierung,

3. die oxidative Phosphorylierung,

4. die ATP-Verwertung.

Speicher für Brenztraubensäure (Pyruvat) und Phosphat stellen den zellulären Überschuß an oxidierbaren Substraten (einschließlich Zitronensäurezyklus) sowie an anorganischem Phosphat dar. Ein Speicher der Glukose und zwei Speicher für ATP variieren unter den verschiedenen Bedingungen. Der ATP-Speicher (I), der zugänglich ist für die Phosphorylierung der Glukose (Synthese und Transport) nahe der Hexokinase, ist nicht näher zu lokalisieren, kann jedoch räumlich mit der Zellmembran übereinstimmen. Als ATP-Speicher (II) wird das in der oxidativen Phosphorylierung erzeugte ATP bezeichnet, das räumlich mit den Mitochondrien identifiziert wird.

Der Umsatz der Atmungskette wird durch die Geschwindigkeit der ATP-Verwertung begrenzt. Diese Geschwindigkeit setzt sich aus dem zellulären Energiebedarf für Synthese, Transport usw. zusammen und auch aus der Geschwindigkeit, mit der ATP vom Speicher II zum Speicher I übertragen wird. Die gestrichelte Linie zwischen den Speichern I und II soll deutlich machen, daß die Diffusion des ATP vom Speicher II unter verschiedenen Bedingungen variieren kann. [172]

*Zu 3.* (Entwurf des mathematischen Modells): Aufbauend auf dem geschilderten Blockdiagramm wird ein System chemischer Gleichungen der Glykolyse und der Atmung festgelegt.

Die Methode der Simulation enzymatischer Prozesse setzt nun voraus, daß das System chemischer Gleichungen in ein System sich daraus ergebender nichtlinearer Differentialgleichungen umgesetzt wird. Es war möglich, ein spezielles Übersetzungsprogramm (Compiler) zu schaffen, das es gestattet, die Bildung der Differentialgleichungen aus den chemischen Gleichungen, den Anfangskonzentrationen der Komponenten und den Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten durch den elektronischen Rechenautomaten *selbst* ausführen zu lassen. Ein solches Übersetzungsprogramm gibt dem Chemiker die Möglichkeit, den Automaten nahezu in seiner *eigenen* Sprache zu programmieren und, da der Arbeitsaufwand für das Aufstellen der Differentialvergleichungen wesentlich vermindert wird, auch komplexe Systeme zu untersuchen.

Die mathematische Beschreibung von Stoffwechselprozessen gründet sich auf die klassische Michaelis-Menten-Beziehung und auf die kinetischen Gesetzmäßigkeiten von Enzym-Substrat-Komplex-Reaktionen.

*Zu 4.* (Ableitung der Lösungen aus dem Modell): Von GARFINKEL u. a. wurde ein spezielles Programm für die Lösung der Differentialgleichungen zur Steady-state-Analyse der Enzym-Substrat-Komplexe und Reaktionsprodukte erarbeitet sowie spezielle Methoden für die Informationsausgabe entwickelt. Die Gleichungen werden durch numerische Integration nach einem modifizierten Euler-Verfahren gelöst.

Die Ergebnisse erhält man gewöhnlich numerisch oder vermittels einer Graphik-Konzentration gegen die Zeit – ausgedruckt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Ergebnisse aus dem mathematischen Modell können vom elektronischen Rechenautomaten mittels eines Schnelldruckers auch in Kurvenform ausgegeben werden.

Es wurde ein solches Plottprogramm, das im Zusammenhang mit der Simulation von besonderem Wert für das rasche Erfassen des Modells ist, entwickelt.

*Zu 5*. (Überprüfung des Modells und seiner Lösung): Die Lösung des Systems zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Modell und Experiment. Die vom Computer vermittelten stationären Konzentrationen der glykolytischen Intermediate stimmen mit etwa 10 Prozent Durchschnittsgenauigkeit mit den am biologischen Objekt gemessenen Daten überein.

Entspricht die Lösung nicht den Anforderungen, so sind das Modell und die bei der Modellierung gemachten Voraussetzungen zu überprüfen. Ein großer Teil der Erkenntnisse, die man aus der Simulation gewinnen kann, besteht gerade in den Annahmen, zu denen man beim Aufbau bzw. bei der ständigen weiteren Verfeinerung des Modells gezwungen wird. Solche Annahmen stellen eines der prinzipiellen Ergebnisse dieser Form der Forschung dar.

[173] Zunächst wurde in den ersten Simulationsversuchen das Steady state simuliert. Hierbei reichte die Annahme eines homogenen ATP-Pools aus. Erst bei der Simulation komplizierterer Übergangseffekte traten Schwierigkeiten auf. Der experimentelle Befund nach Zugabe von Glukose, der als Crabtree-Effekt bezeichnet wird, ließ sich erst dann befriedigend nachahmen, als man annahm, daß glykolytisch gebildetes und respiratorisch gebildetes ATP nicht frei invertierbar sind. Selbstverständlich sagt dies noch nichts über den Mechanismus einer solchen Speicherung aus (der durchaus nicht einfach räumlich verstanden werden muß); denn Mechanismen können nur über direkte Experimente geklärt werden. Diese Annahmen haben jedoch erheblichen heuristischen Wert für den Entwurf weiterer Experimente (**41c**)

Die Ergebnisse der Modellierung werden also mit denen der Experimente verglichen. Beide Methoden können nicht getrennt voneinander gesehen werden, sondern stellen ein miteinander verflochtenes Methodensystem dar. Einerseits läßt sich das Zusammenspiel zellulärer Regulationsprozesse durch experimentelle Arbeit allein nicht aufklären; denn das induktive Vermögen einer kleinen Forschergruppe wird allein schon durch die Zahl und Komplexität der Ergebnisse überfordert. Andererseits neigen mathematische Modelle zellphysiologischer oder molekularbiologischer Objekte zur formalen Abstraktion, solange sie nicht mit experimentellen Daten vermittelt sind (**41c**).

*Erst in der Vermittlung sind leere Begrifflichkeit des abstrakten Modells und blinde Anschaulichkeit der rohen experimentellen Daten aufgehoben. Allein diese Verschränkung rechtfertigt den Dualismus von Experimentieren und Modellieren.*

Dieser Dualismus bzw. die Verschränktheit besteht – wie Abb. 12 zeigt – auch in den Phasen: Dem Entwurf des Experiments entspricht die Formulierung des Modells, der Durchführung des Experiments die Simulation des Modellverhaltens, der Verdichtung der kruden Daten die Zusammenfassung der Simulationsergebnisse. Diese Teilschritte erhalten ihren Sinn. Dies geschieht bei der Parametrisierung des Modells mit Hilfe der gemessenen Daten. Das Modell wird damit konkret, die Daten erhalten theoretisches Niveau. Also ist die Parametrisierung das Kernstück von theoretischer und praktischer Arbeit, Ausdruck der Einheit von Empirischem und Theoretischem in der wissenschaftlichen Erkenntnis.

Dem Wesen nach ist das Modell ein Abbild, eine Abstraktion, aber es ist mehr als eine Abstraktion – es ist die Konkretisierung einer Abstraktion. Das Modell erweist sich als ein spezielles Mittel des Aufsteigens unserer Erkenntnis vom sinnlich Konkreten über das Abstrakte „zur Reproduktion des Konkreten im Wege des Denkens“ im Sinne von KARL MARX.

*Zu 6*. (Verfeinerung und ständige Anpassung des Modells): Es gibt zwei Methoden zur Konkretisierung des Modells; beide erfordern elektronische Rechenautomaten, sobald das ele-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

mentare Niveau verlassen wird; das *simulierende* und das *algorithmische* Verfahren. Bei beiden sind die Daten experimentell gegeben und die Modellparameter zu optimieren. Beim Simulieren [174] geschieht das durch Inspektion des Response-Raumes bei variierten Parametern, bei der algorithmischen Suche wird dies durch Untersuchung einer Likely-hood-Oberfläche im Parameterraum erzielt. Die Methoden sind einander komplementär; einem Punkt im Parameterraum entspricht eine bestimmte Lösungskurve im Response-Raum; ein Punkt im Response-Raum (als Funktion der Modellvariablen) wird durch eine Likely-hood-Kurve im Parameterraum, die der geometrische Ort gleichwertiger Modellanpassungen ist, repräsentiert.

Bei der *Konkretisierung* erst zeigen sich die Schwächen eines Modells; es kann einerseits inkompatibel, andererseits mehrdeutig sein. Ein inkompatibles Modell hat relativ zum Objekt zu wenig, ein mehrdeutiges zu viele Freiheitsgrade. Das Garfinkel-Hess-Modell der Glykose etwa war kompatibel, aber nicht eindeutig. Das Michaelis-Menten-Modell ist für allosterische Enzyme wie für die Phosphofruktokinase inkompatibel, d. h., es existierten eindeutige Anpassungen, sie sind jedoch notwendig ungünstig.

Ein konsistentes Modell soll mit einem Minimum an Parametern aufgebaut werden. Das ist nicht so sehr eine Frage der Eleganz als eine der Eindeutigkeit. Eine einfache hyperbolische Kinetik an Monod-Modell anzugleichen ist falsch, weil letzteres zu viele Freiheitsgrade hat, weil ersteres also nur als Grenzfall in letzterem existiert. Ein so angepaßtes Modell wäre mehrdeutig.

Beim Modellieren ist immer der erste Schritt, *ein kompatibles* Modell aufbauen, der zweite, dessen Eindeutigkeit sichern. Beim gegenwärtigen Stand ist oftmals nur der erste Schritt möglich. Man bleibt auf halbem Wege stehen, da die Sicherung der Eindeutigkeit einen größeren rechnerischen Aufwand erfordert. Algorithmen zur Lösung dieser zweiten Aufgabe werden gegenwärtig erarbeitet bzw. wurden fertiggestellt. Der Grundgedanke besteht dabei darin, eine allgemeine Anpassungsstrategie zu entwickeln, in der jedes in Frage kommende Einzelmodell jeweils als Unterprogramm eingeführt wird. Solche Programme erlauben die praktisch wichtige Entscheidung zwischen alternativen Modellen, die um die Erklärung der Daten konkurrieren. (REICH u. a., **134d**)

Bei den ersten Versuchen (CHANCE, GARFINKEL, HIGGINS, HESS 1960), das glykolytische System auf einem elektronischen Rechenautomaten zu simulieren, wurden, auf Grund der begrenzten Speicherkapazität, weniger als die Hälfte der eigentlich beteiligten glykolytischen Enzyme dargestellt; auch die oxidative Phosphorylierung fand nur eine grobe Darstellung. Das Modell wurde nun immer stärker dem realen, im Experiment beobachteten Verhalten angepaßt. Die detailliertere Darstellung (GARFINKEL und HESS 1964) enthielt schon alle bekannten Enzyme und Zwischenprodukte der Glykolyse und Atmung von Aszites-Tumor-Zellen in 89 Reaktionen mit 65 Komponenten in Form von Enzym-Substrat-Komplexen. Es berücksichtigt die Compartmentisierung von ATP und NADH. Die ATP-verbrauchende Reaktion sowie der kontrollierte Austritt von ATP aus den Mitochondrien wurden durch eine spezifische mitochondriale ATP-ase simuliert.

[175] Auf der nächsten Stufe der Verfeinerung des Modells soll nun wirklich jedes einzelne Enzym, so genau und vollständig, wie es die experimentellen Daten erlauben, dargestellt werden. Das Modell wird dadurch noch komplexer, wobei es jedoch immer noch von der realen Komplexität abweicht.

Es gibt auch eine gegenläufige Tendenz, die dahin geht, die Modelle zu vereinfachen. Dies erfolgt mit dem Ziel, die wesentlichen Regulationsprinzipien herauszuarbeiten und zu medizinisch oder industriell nutzbaren Ergebnissen zu gelangen (**63a**). Mit dieser Zielsetzung erarbeiteten zum Beispiel REICH, SELKOV, T. RAPOPORT und HEINRICH (**134f**, **47a**,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**134b**) in Zusammenarbeit mit JACOBASCH, FRUNDER und S. M. RAPOPORT ein Modell der Erythrozytenglykolyse. In ganz abstrakter Form wurde der gesamte Stoffwechselweg als ein Block durch eine Gleichung von KNORRE beschrieben. Durch diese Vereinfachung wird eine Reduktion der Parameter möglich, was speziell für die industrielle Nutzung erforderlich wird. Dieser Zusammenhang von Vereinfachung und Beherrschbarkeit ist bisher noch ungenügend erkenntnistheoretisch untersucht worden. Es ist jedoch klar, daß diese Reduktion von Parametern nur möglich ist auf der Grundlage des zuvor beschriebenen Modells von GARFINKEL, CHANCE und HESS, da zunächst einmal die Richtigkeit dieses Herangehens im Detail nachzuweisen war.

SCHARF hebt aus der Sicht der oben charakterisierten Entwicklung zu Recht hervor: „... daß Modelle, mit denen die Zelle als Ganzes, also vollständig, nachgebildet wird, in bezug auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse ziemlich steril sind. Sie sind nur mehr oder weniger korrekte, stark vergrößerte Nachbildungen ohne jegliche Funktionsfähigkeit. Dagegen sind offenbar spezielle, stark vereinfachte Modelle ohne vordergründige Ähnlichkeit mit dem natürlichen Vorbild funktionell leistungsfähig, wobei es erforderlich ist, möglichst wenig von einander verschiedene Funktionen simulieren zu lassen“ (**142b**).

KNORRE (1969) schreibt zum praktischen Nutzen von Modellen: „Obwohl seit mehr als einem Jahrzehnt das *β*-Galaktosidase-System von vielen Arbeitsgruppen genetisch und biochemisch intensiv durchforscht worden war, so daß es heute zu den am besten bekannten Enzymsynthesesystemen gehört, war wenig über das dynamische Verhalten und über Oszillationen in dem System überhaupt nichts bekannt. Auf Grund unserer Modelluntersuchungen wurden gezielte Experimente durchgeführt, die tatsächlich Hinweise für ein oszillierendes Verhalten erbrachten.“ (**80e**, S. 36.)

Mit dieser Aussage läßt sich die These unterstützen, daß ein Arbeiten mit mathematischen Simulationsmodellen selbst für intensiv experimentell untersuchte Systeme Hinweise auf neue, bisher nicht beachtete Verhaltensweisen liefern kann, die dann Rückschlüsse auf funktionelle und strukturelle Eigenschaften des Systems gestatten. Diese sind experimentell zu überprüfen.

GOODWIN (1963) hat die zellulären Regulationsmechanismen in drei Ebenen eingeteilt: in die metabolische, die epigenetische und die genetische Ebene, s. a. DRISCHEL (**28a**, S. 67 f.).

Bei der Regulation auf metabolischer Ebene, die wir in jeder Zelle vorfinden, erfolgt die Regulation entsprechend dem Massenwirkungsgesetz über eine Endprodukthemmung (kompetitive Hemmung) und über eine Aktivierung bzw. Inaktivierung spezifischer Enzyme (allosterischer Effekt) (vgl. S. 257 f.).

[176] Bei der Untersuchung der Regulation auf metabolischer Ebene worden Umcodierungen und Informationsübertragungen der genetischen Information (Transkription, Translation) vernachlässigt.

Eine Regulation ist aber auch über eine induzierte oder gehemmte Enzymsynthese möglich. Dies geschieht durch Induktion und Repression spezifischer mRNS-Synthesen auf einer höheren Ebene der Regulation, als es die Regulation auf metabolischer Ebene darstellt (S. 265 f.).

Induktion und Repression spezifischer mRNS-Synthesen, die eine induzierte oder eine gehemmte Enzymsynthese nach sich ziehen, sind die charakteristischen Merkmale der Regulation auf epigenetischer Ebene.

Nach dem Modell von JACOB und MONOD (1961) läßt sich z. B. die Induktion und Repression der *β*-Galaktosidase-Synthese für eine *E.-coli*-Kultur beschreiben. Wird das Nährmedium von Glukose auf Laktose umgestellt, wird bereits nach wenigen Minuten u. a. *β*-Galaktosidase, welche zur Laktosespaltung notwendig ist, synthetisiert. GOODWIN (**44d**, **44e**) hat ein Grundschema der Repression der Enzymsynthese benutzt, um die Eigenschaften eines Feedback-Repressionskreises zu charakterisieren.

BÖTTNER (**18a**) hat auf der Basis der Überlegungen von GOODWIN ein Poolmodell der Genexpression entwickelt, das eine Simulation regulatorischer Einflüsse auf allen Ebenen (Transkription, RNS-Processing, mRNS-Aktivierung, Translation, Protein-Processing, Enzymaktivierung) auf dem Wege der Entstehung aktiver Proteine ermöglicht. Das Gesamtverhalten einer solchen Genexpressionseinheit kann mit Hilfe eines abstrakten Automaten integrativ abgebildet werden, dessen Zusammenschaltung mit anderen gleichartigen Bausteinen die genetische Vernetzung darzustellen ermöglicht. Das Umschlagverhalten des Bakteriophagen *λ* von der lysogenen zur lytischen Phase wurde mit diesem Modell abgebildet und als Triggerverhalten zwischen Transkriptionseinheiten und ihren Genprodukten erkannt. Ein universelles Modell der Transkriptionseinheit als prinzipieller Struktureinheit der Transkriptionsregulation entwickelte NEUMANN (BELLMANN et al., **11b**) mit dem die Regulationsmechanismen jeder beliebigen pro- oder eukaryotischen Transkriptionseinheit auf molekularer Ebene simuliert und untersucht werden können. Es wurde am wohlbekannten *β*-Galactosidasesystem überprüft. Eine direkte Überprüfung von Hypothesen über die Struktur der eukaryotischen Transkriptionseinheit mit experimentellen Befunden über reaktiviertes natives Chromatin gestattet das Blockermodell der Transkriptionsregulation von BELLMANN (et al., **11c**).

Ebenfalls an Hand der zeitlichen Entwicklung von Molekülpoolen (wie auch bei BÖTTNER und NEUMANN) gestattet das Simulationsmodell der RNS-Bakteriophagenvermehrung von KNIJNENBURG, A. (**80h**) eine

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nahezu vollständige theoretische Manipulierbarkeit der abgebildeten Objektklasse. Dieses Modell brachte Hinweise, daß die Regulationsmechanismen auf Translationsebene unter wesentlich integrativeren Aspekten zu sehen sind, als bisher angenommen wurde (**80g**). Das Globalverhalten des Systems des sich in der Wirtszelle vermehrenden Phagen konnte direkt aus der Änderung der Ablesbarkeitsmuster der genetischen Speichereinheiten abgeleitet werden. KNIJNENBURG verweist in diesem Zusammenhang auf mögliche Äquivalenzen bei eukaryotischen Differenzierungsprozessen.

*Zusammenfassend* kann gesagt werden: Die hier beschriebene Simulationsmethode ist nicht auf das dargestellte Multienzymmodell beschränkt. Es gibt eine Vielzahl weiterer Probleme, die mit dieser Technik untersucht werden können, nicht nur der Enzymkinetik, sondern auch Materialtransportprobleme, Probleme der Synthese oder Degeneration von Proteinen, der genetischen Regulation usw. Es müßte in den nächsten Jahren zumindest [177] theoretisch möglich werden, biochemische Systeme in größerer Komplexität auf Automaten darzustellen. Das wären wesentliche Voraussetzungen für den entscheidenden Schritt, der Synthese des Lebens. Zuvor wird es jedoch durchaus möglich sein, den Stoffwechsel natürlicher lebender Systeme umzudirigieren. Dies würde die Möglichkeit bieten, daß Verbindungen hergestellt werden, deren Gewinnung auf anderem Wege schwer möglich ist, wie z. B. der essentiellen Aminosäure Lysin, die der pflanzlichen Nahrung fehlt. Damit könnte man entscheidenden Problemen der Welternährung begegnen. Die Methode der Simulation würde hier besonders wichtig werden, zur Auswahl der entsprechenden Behandlung, zur Klärung, warum bestimmte Maßnahmen nicht zum gewünschten Erfolg geführt haben.

Im weiteren wird uns dieser Gedanke, daß es möglich ist, auch mathematische Modelle enzymatischer Prozesse aufzubauen und durch den Automaten berechnen zu lassen, wie schon bei dem Problem des Wirksamwerdens molekularer Veränderungen im Gesamtverhalten des lebenden Organismus, mehr ein theoretischer Leitfaden sein, und zwar insbesondere bei der Diskussion verschiedener Konzeptionen des Determinismus in der Biologie. Er wird uns hier vor allem dem Verständnis der Dynamik der Lebensprozesse näherbringen. Der entscheidende Beitrag regelungstheoretischer Überlegungen in bezug auf die Zelle besteht vor allem in der Überwindung statischer Konzeptionen. Ist jedoch einmal die Dynamik der Zelle in ihrer Bedeutung erkannt, so führt dies über die Zusammenhänge der Regelungstechnik hinaus und läßt uns die nur für das Lebende spezifischen dynamischen Beziehungen erkennen.

Mathematische Methoden werden immer mehr Eingang in die Biologie finden, je mehr sich diese von dem rein empirischen, analytischen Herangehen löst und einen bestimmten Abstraktionsgrad erreicht, der die Gemeinsamkeiten in den verschiedenen Einzelergebnissen in Erscheinung treten läßt. In gleichem Maße treten allgemeine Gesetzmäßigkeiten in den Vordergrund der Betrachtung. Will man nicht in Einzelheiten verharren, so muß eine Beschreibungsweise gefunden werden, die das Gemeinsame und Wesentliche erfaßt. Wie wir sahen, bieten sich hierfür die anhand der Erfahrungen der Automatisierungstechnik entwickelten Verfahren und Denkmethoden an. LEY hat die erkenntnistheoretische Seite von Simulationsprozessen eingehend analysiert und kommt zu den Schluß: „Die Entdeckung und Entwicklung der Simulationsverfahren zeichnet sich durch Fehlen irrationalistischer Entstellungen aus. Vielmehr wird das rationale Moment, die Identität der wesentlichen Relationen, zum Mittelpunkt der Erörterung.“ (**97**, S. 1195.) [178]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# 5. Probleme des Determinismus in technischen und lebenden Systemen

## 5.1. Der Begriff der Kausalität und sein Verhältnis zum Begriff Gesetz

Eine dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption muß einerseits abgegrenzt werden gegenüber dem Indeterminismus, der die Kategorie der Notwendigkeit leugnet. Sie muß andererseits abgegrenzt werden von einer Konzeption, die wir als mechanischen Determinismus bzw. Prädeterminismus kennzeichnen, der den objektiven Charakter des Zufalls leugnet. Einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption muß es um eine echte dialektische Einheit von Zufall und Notwendigkeit gehen. Diese Einheit ist gegeben im objektiv Möglichen. Diese dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen gründet sich auf die widersprüchliche Natur der Materie. *Nach der Konzeption des Indeterminismus gibt es keine objektiven Gesetzmäßigkeiten* in der Natur, Gesellschaft und im Denken. Die von der Wissenschaft aufgedeckten Gesetzmäßigkeiten beruhen danach auf subjektiven Vorstellungen oder auf dem Prinzip der Denkökonomie. Der mechanische Determinismus auf der anderen Seite geht davon aus, daß die objektiven Gesetzmäßigkeiten alle Aspekte eines Prozesses bestimmen, auch die unwesentlichen, nicht nur die wesentlichen. Eine *dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption müßte davon ausgehen, daß die objektiven Gesetzmäßigkeiten nicht unbedingt alle Aspekte eines Prozesses genau festlegen, sondern die wesentlichen, so daß Raum bleibt für verschiedene Möglichkeiten.*

Der dialektische Materialist verteidigt die objektive Existenz des Kausalzusammenhanges und wendet sich gegen jede Form der Leugnung der kausalen Bedingtheit und gegen Versuche, die Kausalität als Ausdruck menschlicher Bewußtseinstätigkeit darzustellen. Kausalität ist nicht etwa wie für KANT eine a priori gegebene Denkform[1], sie ist auch nirgendwo in der objektiven Realität durchbrochen im Sinne eines Indeterminismus (z. B. JORDAN). Auf dem Boden der einheitlichen Frontstellung gegen idealistische Angriffe auf das Prinzip der Kausalität, wie sie in positivistischen, konditionalistischen, teleologischen und anderen Gedankengängen vorgetragen [179] werden, gibt es jedoch auch unter marxistischen Philosophen und Naturwissenschaftlern unterschiedliche Auffassungen:

1. über das Verhältnis der Kausalität zum Determinismus,

2. über das Verhältnis von Kausalität und Gesetz,

3. über das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzmäßigkeiten und darüber hinaus über die Differenzierung innerhalb der Wahrscheinlichkeitsgesetze (Statistik und Probabilistik).

Der objektive Charakter kausaler Zusammenhänge und die Determiniertheit aller Erscheinungen werden von keinem bestritten. Worum es in der Diskussion um die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption geht, ist die Bestimmung der gegenseitigen Beziehungen der obengenannten Kategorien (vgl. HÖRZ, **59**).[2]

---

[1] KANT: „Wenn wir erfahren, daß etwas geschieht, so setzt jeder voraus, daß etwas vorhergeht, woraus es nach einer Regel folgt."

[2] Diese Bemerkung bezog sich auf die Diskussion zur Zeit der Erarbeitung des Buches; in der jüngsten Zeit hat man in einer Vielzahl von Diskussionen (vor allem auch durch die Arbeit am Lehrstuhl für philosophische Fragen der Naturwissenschaft unter Leitung von H. LEY, insbesondere durch die Publikationen von H. HÖRZ und auch durch die hier vorliegende Arbeit angeregt) über die beiden ersten Punkte schon eine mehr oder weniger allgemein vertretene Position gefunden:
a) Die Kausalität ist als unmittelbare Vermittlung zu verstehen und nur eine (elementare) Form des Zusammenhanges, es sind also weitere Formen des Zusammenhanges, der Determination zu berücksichtigen.
b) Die Annahme der Notwendigkeit in den Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung ist aufzugeben und klar zwischen Kausalität und Gesetz zu unterscheiden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wie sich zeigen läßt, wird schon die Kategorie der Kausalität unterschiedlich definiert.[1]

**5.1.1. Kausalität und Wechselwirkung**

Es sind m. E. folgende drei Grundprinzipien, von denen eine dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption auszugehen hat:

1. Prinzip des allgemeinen Zusammenhangs,

2. Prinzip der materiellen Einheit der Welt,

3. Prinzip der Eigenbewegung der Materie.

Der dialektische Determinismus geht davon aus, daß jede Veränderung durch andere Veränderungen bedingt ist, daß die Gesamtheit aller sich ver-[180]ändernden Erscheinungen einen universellen Zusammenhang bildet. Die Bedeutung der Kategorie des allgemeinen Zusammenhangs wird insbesondere deutlich beim Problem des Welle-Korpuskel-Dualismus und dem Problem der Dialektik von Teil und Ganzem zum Verständnis der Spezifik biologischer Gesetze.

Der dialektische Determinismus geht demnach aus von der Anerkennung der Bedingtheit und Bestimmtheit der Dinge und Erscheinungen im Gesamtzusammenhang. Bedingtheit hebt die Anerkennung des historischen Zusammenhanges hervor, Bestimmtheit die des systematisch-strukturellen Zusammenhanges.

Die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption verlangt nach der Berücksichtigung aller allgemeinen Formen des Zusammenhanges (Gesetz, Kausalität, Notwendigkeit, Zufall, Möglichkeit, Wirklichkeit, Teil, Ganzes, Struktur, Funktion, Niederes, Höheres u. a.). Die Identifizierung des Determinismus mit dem Kausalzusammenhang (auch durch marxistische Philosophen) bedeutet m. E. eine unzulässige Einengung des Determinismusbegriffs.

Alle Formen des Zusammenhanges sind objektiv real und existieren außerhalb und unabhängig von unserem bzw. jeglichem Bewußtsein.

LENIN gab in seiner Auseinandersetzung mit dem Positivismus folgenden wichtigen Hinweis: „Die wirklich wichtige erkenntnistheoretische Frage, die die philosophischen Richtungen scheidet, besteht nicht darin, welchen Grad von Genauigkeit unsere Beschreibungen der kausalen Zusammenhänge erreicht haben und ob diese Angaben in einer exakten mathematischen Formel ausgedrückt werden können, sondern darin, ob die objektive Gesetzmäßigkeit der Natur oder aber die Beschaffenheit unseres Geistes, das diesem eigene Vermögen, bestimmte apriorische Wahrheiten zu erkennen usw., die Quelle unserer Erkenntnis dieser Zusammenhänge ist. Das ist es, was die Materialisten FEUERBACH, MARX und ENGELS von den Agnostikern (Humeisten) AVENARIUS und MACH unwiderruflich trennt.“ (**95**, S. 148.)

Das ist die eigentlich entscheidende Frage, die Materialismus und Idealismus voneinander trennt. Dieser Tatsache sollte man sich bewußt werden, insbesondere angesichts dessen, daß immer wieder Versuche unternommen werden (wenn auch von einer kleinen Gruppe von Naturwissenschaftlern und Philosophen), im Namen des Materialismus zurückzugehen zum mechanistischen Weltbild, zu dem Weltbild des mechanischen Materialismus und der für dieses charakteristischen Determinismuskonzeption und den Vorstellungen vom Wesen der Materie.

---

Dagegen wird der 3. Punkt, die Unterscheidung innerhalb der Wahrscheinlichkeitsgesetze – zwischen klassischer Statistik und Probabilistik – und damit ein Verständnis des Zufalls als etwas nicht nur Äußerliches, sondern als etwas Wesentliches, dem Geschehen Inhärentes, und die damit verbundene Erkenntnis, daß es auch Gesetzmäßigkeiten gibt, die den Zufall mit einbeziehen, also nicht nur die Kategorie der Notwendigkeit enthalten bzw. das Notwendige sich auf das objektiv Mögliche bezieht, noch nicht allgemein gesehen.

[1] Siehe z. B. (**189**), S. 209-211.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Probleme, die durch die Quantenphysik aufgeworfen wurden, wie auch die Probleme der Molekularbiologie und der Entwicklung in der lebenden Natur, die wir hier diskutieren wollen, lassen sich nicht lösen, indem man zum Materiebegriff des mechanischen Materialismus zurückkehrt, sondern sie werden erst einer Lösung zugänglich auf dem Boden des dialektisch-materialistischen Materiebegriffs. *Die Materie, die zur Selbstbewegung befähigt ist auf Grund ihrer inneren Widersprüchlichkeit, birgt in all ihren Be-*[181]*wegungsformen unendliche Entwicklungsmöglichkeiten in sich*. Gerade der letzte Punkt ist in bisherigen Arbeiten zum Problem des Determinismus in ungenügender Weise berücksichtigt worden. Hier ist es ein entscheidender Punkt. Wichtig an der hier vorgetragenen Determinismuskonzeption ist ebenfalls der Hinweis darauf, daß *alle Formen des Zusammenhanges* zu berücksichtigen sind.

Diese Auffassung vom Determinismus ist auch in der marxistischen Literatur nicht allgemein anerkannt. So schreibt OMELJANOWSKI in seinem 1962 bei uns erschienenen Buch „Philosophische Probleme der Quantenmechanik“: „Der Determinismus, d. h. die Anerkennung dessen, daß alle Naturphänomene notwendig, gesetzmäßig, kausal miteinander verknüpft sind, liegt der Wissenschaft zugrunde. Die in der Welt auftretende Zufälligkeit ist eine Erscheinungsform der Notwendigkeit und kann nur im Zusammenhang mit der Notwendigkeit und auf ihrer Grundlage richtig verstanden werden.“ (**116**, S. 31.) Hier zeigt sich die Beschränkung des Begriffs des Determinismus auf die Anerkennung notwendiger, gesetzmäßiger und kausaler Zusammenhänge.
Mit dem Problem der Beziehungen zwischen Determinismus und Kausalität setzten sich ebenfalls aus marxistischer Sicht KORCH und PAWELZIG auseinander. KORCH (**83**) schreibt: „Der Determinismus verlangt ... allein die Überzeugung, daß alle Erscheinungen der Welt kausal bedingt sind“ und PAWELZIG (**120**) meint: „Unter Determinismus wird dabei die kausale Bestimmtheit jeder Erscheinung verstanden ...“
Bei diesen Definitionen wird eine gewisse, m. E. unberechtigte Gleichsetzung des Determinismus und der Kausalität vollzogen. Hiernach gibt es zwischen ihnen keine Unterschiede. Es gibt jedoch noch andere Determinationsformen.

LENIN stellt die Frage, warum sich HEGEL im Gegensatz zu den Neukantianern so verhältnismäßig wenig beim Thema der Kausalität aufhält und gibt die Antwort: „Nun, deshalb, weil für ihn die Kausalität nur *eine* von den Bestimmungen des universellen Zusammenhanges ist, den er schon früher, in seiner *ganzen* Darlegung, weitaus tiefer und allseitiger erfaßte, *stets* und von allem Anfang an diesen Zusammenhang, die wechselseitigen Übergänge etc., unterstreichend.“ Er fügt hinzu: „Es wäre sehr lehrreich, die ‚Geburtswehen‘ des Neuempirismus (respektive des ‚physikalischen Idealismus‘) mit den Lösungen, besser mit der dialektischen Methode HEGELs zu vergleichen.“ (**94**, S. 82-83.) Dieser Hinweis gilt ebenfalls für den „biologischen Idealismus“, da er in der hier besprochenen Variante eine direkte Übertragung physikalisch-idealistischer Auffassung in den Bereich der Biologie darstellt.

Die Kausalität ist immanent in der Eigenbewegung der Materie enthalten, und zwar als ursächliches Bedingt- und Bestimmtsein im Gesamtprozeß der universellen Wechselwirkung. Die Kausalität ist *eine Form*, ein Moment der universellen Wechselwirkung, die im biologischen Bereich speziell in der Wechselwirkung zwischen inneren sowie inneren und äußeren Systembedingungen zum Ausdruck kommt. Dabei muß aber betont werden, daß die kausale Determiniertheit als die *grundlegende* anerkannt wird. *Die anderen Formen des Bedingtseins beruhen demnach auf der Grundlage der kausalen Bedingtheit.*

[182] Wenn jede Erscheinung der materiellen Welt ein Produkt der Eigenbewegung der Materie ist, dann müssen sich die verschiedenen Gegenstände und Erscheinungen in Natur und Gesellschaft in objektiver *wechselseitiger Abhängigkeit befinden*, enger oder weniger eng miteinander verbunden sein. Sie müssen einer ständigen zeitlichen Veränderung unterliegen, aber in der absoluten Bewegung gibt es ein Moment der relativen Ruhe. Voraussetzung dafür, daß wir überhaupt etwas erkennen, ist die Möglichkeit, zeitlich stabile Erscheinungen aufzudecken. Es gibt keine Wechselwirkung, keine Bewegung an sich, sondern immer nur Bewegung der Materie. Es kann die objektive Realität betrachtet werden als ein riesiges System, bestehend aus einer Vielzahl miteinander in Beziehung stehender wechselwirkender Teilsysteme. Sie sind voneinander abhängig und beeinflussen einander gegenseitig, eine Wechsel-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

wirkung von meist außerordentlicher Kompliziertheit, die uns jedoch auch oft klare und einfache Abhängigkeiten zeigt. Im letzten Fall läßt sich dieses System gegenseitiger Beeinflussung und Abhängigkeiten in drei Elementarformen des Zusammenhangs auflösen:

1. x beeinflußt y nicht (Unabhängigkeit).

2. Es besteht eine gerichtete Beeinflussung von x auf y (Kausalzusammenhang).

3. x wird von y beeinflußt und umgekehrt (Rückkopplung).

1. Die Größen x und y sind voneinander unabhängig.

Wenn wir zwei materielle Erscheinungen x und y betrachten, kann man nicht von vornherein wissen, ob x Ursache für y ist. x kann nur dann eine Ursache von y sein, wenn ein Prozeß vorliegt, der die Wirkung auf y vermittelt. Zwischen zwei Ereignissen, die nur in einer raumartigen Lage zueinander existieren, besteht keinerlei kausaler Zusammenhang. Vom Gesichtspunkt der universellen Wechselwirkung ist absolute Unabhängigkeit eine Abstraktion. Als völlig abgeschlossenes System kann nur das Weltall im Ganzen angesehen werden, das auf Grund seiner Unendlichkeit mit keiner Umwelt in Wechselwirkung steht. Unabhängigkeit ist ein Grenzfall einer immer schwächer werdenden Abhängigkeit.

2. Die Größe x beeinflußt y, d. h., es liegt ein Kausalzusammenhang vor. *Unter Kausalität verstehen wir die konkrete unmittelbare Vermittlung des objektiven Zusammenhangs*. Kennzeichnend für den Kausalzusammenhang sind 1. seine Objektivität, 2. die Gleichzeitigkeit von Ursache und Wirkung und 3. die Asymmetrie des Zusammenhangs, d. h., es ist ein gerichteter Zusammenhang, x beeinflußt y, jedoch y beeinflußt x nicht.

Mathematisch kann ein solcher gleichzeitiger und gerichteter Zusammenhang von x und y in Form einer Differentialgleichung zwischen den zeitabhängigen Funktionen x (t) und y (t) ausgedrückt werden:

$$y\,(t) = \frac{dx\,(t)}{dt}$$

[183] Hier beeinflußt die momentane Änderung von x unmittelbar den Verlauf von y, während eine Beeinflussung von x durch y nicht zum Ausdruck kommt.

Eine solche gerichtete Beeinflussung nennt man einen Kausalzusammenhang. Es können auch mehrere Größen voneinander abhängig sein, die Größen $y_1$, $y_2$, ... sind von den Größen $x_1$, $x_2$, ... kausal abhängig. *Ob aber das gesamte Verhalten der Größen $y_1$, $y_2$, ... durch die physikalischen Größen $x_1$ $x_2$, ... eindeutig festgelegt ist oder nicht, darüber sagt die Kategorie der Kausalität nichts aus*. Das ist ein ganz entscheidender Punkt in der hier vertretenen Determinismuskonzeption. x beeinflußt y und nicht umgekehrt. Es ist nur eine Aussage über die konkrete unmittelbare Beeinflussung, es wird nicht zwischen notwendiger und zufälliger Beeinflussung differenziert, nicht unterschieden, ob die Zuordnung zwischen Ursache und Wirkung eindeutig oder nicht eindeutig ist. In beiden Fällen sprechen wir von Kausalität. Gewöhnlich, und hierin liegt gerade ein wesentlicher Punkt der mechanistischen Einengung des Kausalitätsbegriffs, versteht man darunter nur die eindeutige Zuordnung von Ursache und Wirkung. Wenn innerhalb eines Systems ein notwendiger Zusammenhang zwischen den Größen besteht, dann sprechen wir hier in unserem Zusammenhang von einem streng deterministischen Glied bzw. von einem speziellen Typ des Gesetzes.

Die Asymmetrie des Kausalzusammenhanges ist ebenfalls eine Abstraktion, die auf der Annahme beruht, daß y in keiner Weise (auch nicht mittelbar) auf x zurückwirkt. Es ist gerade die entscheidende philosophische Erkenntnis von ENGELS, wonach: „... Ursache und Wirkung Vorstellungen sind, die nur in der Anwendung auf den Einzelfall als solchen Gültigkeit haben, daß sie aber, sowie wir den einzelnen Fall in seinem allgemeinen Zusammenhang mit dem Weltganzen betrachten, zusammengehen, sich auflösen in der Anschauung der univer-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sellen Wechselwirkung, *wo Ursachen und Wirkungen fortwährend ihre Stelle wechseln*, daß was jetzt oder hier Wirkung, dort oder dann Ursache wird und umgekehrt.“ (**34**, S. 25, Hervorhebungen K. F.-K.)

Es gibt eine Reihe ernst zu nehmender Arbeiten marxistischer Philosophen, die die These der Gleichzeitigkeit von Ursache und Wirkung bestreiten. Es ist nicht Aufgabe dieser Arbeit, dieses spezielle Problem zu untersuchen. Doch sei vermerkt, daß man bei der Anwendung raum-zeitlicher Begriffe auf die Beziehung von Ursache und Wirkung vorsichtig sein muß, denn Ursache und Wirkung sind keine materiellen Objekte, sondern zwei Seiten eines Verhältnisses zwischen materiellen Objekten. Die These, daß ein Kausalverhältnis im allgemeinen eine endliche Zeit andauert, ist unbestreitbar. Das Argument im Zusammenhang mit der unendlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit gilt nur dann, wenn man die Zwischenglieder in einer zeitlichen Folge wegläßt. Wird dies jedoch nicht getan, so ist die Kausalität eine Beziehung, die unmittelbare Vermittlung zwischen zwei materiellen Erscheinungsformen, welche sich gleichzeitig an demselben Ort befinden.
Unsere Auffassung entspricht der heute allgemein anerkannten Nahwirkungstheorie der Physik, d. h., daß nur die unmittelbare Wirkung auf einen Punkt im Raum, nur die Zustände der unmittelbar benachbarten Umgebung zur Zeit unmittelbar vor dem betrachteten Zeitpunkt berücksichtigt zu werden brauchen.
[184] Eine Ursache kann doch nur dann wirken, wenn sie existiert. Liegt sie in der Vergangenheit, existiert sie nicht mehr und kann daher nicht wirken. Also müssen Ursache und Wirkung gleichzeitig sein. Aus praktischen Gründen ist es manchmal nützlich, unwesentliche Zwischenglieder in einer zeitlichen Kette ursächlicher Beziehungen wegzulassen. Dadurch kann der Eindruck entstehen, daß eine Ursache auch aus der Vergangenheit her wirken kann. In Wirklichkeit jedoch müssen m. E. Ursache und Wirkung gleichzeitig sein.

3. Eine weitere Elementarform des Zusammenhangs liegt vor, wenn x y und y x beeinflußt.

Ist eine derartige wechselseitige Abhängigkeit gegeben, so sprechen wir nach ASHBY von *Rückkopplung* (**4**). Wir sprechen von wechselseitiger Abhängigkeit, ohne zu differenzieren, ob eine eindeutige Zuordnung zwischen den jeweiligen Ursachen und Wirkungen erfolgt oder nicht. Liegt eine eindeutige Zuordnung vor und damit ein notwendiger Zusammenhang in dem zum Kreis geschlossenen Wirkungsgefüge, dann sprechen wir von streng determinierter Rückführschaltung (einer bestimmten Zusammenschaltung von Gliedern – diese muß strukturell nicht immer verwirklicht sein, z. B. Ohmscher Widerstand).

ASHBY macht deutlich, daß der Begriff der Rückkopplung für die wechselseitige Abhängigkeit zweier Größen schon inadäquat wird bei einer wechselseitigen Abhängigkeit von 4 Größen. Bei der quantitativen Zunahme der Abhängigkeiten entstehen qualitativ neue Eigenschaften. Das Prinzip der Additivität steht dem der Wechselwirkung entgegen. Zum Begriff der Wechselwirkung gelangen wir erst bei einer Vielzahl von wechselseitigen Abhängigkeiten.

Wir wollen an dieser Stelle nachdrücklich betonen, daß die philosophische Kategorie der Wechselwirkung wie der physikalische Begriff der Wechselwirkung ganz offensichtlich allgemeiner, umfassender und tiefer ist als der Begriff der Rückkopplung; einmal wird oft nur der notwendige Zusammenhang zwischen den Ursachen und Wirkungen verstanden, zum anderen ist es ein Elementarzusammenhang, der selbst erst in der Wechselwirkung aufgeht.

### 5.1.2. Kausalität und Gesetz

Die wechselseitige Abhängigkeit kann sowohl notwendig als auch zufällig sein. Bei der Beschreibung einer wechselseitigen Abhängigkeit als Rückführschaltung hebt man die notwendigen Abhängigkeiten hervor. Die Feststellung einer kausalen Abhängigkeit oder einer wechselseitigen Abhängigkeit zwischen gesetzmäßig verbundenen physikalischen Größen ist eine Idealisierung insofern, als von einer großen Zahl weiterer physikalischer Größen abstrahiert wird, die sowohl $x_1$, $x_2$, ... als auch $y_1'$ $y_2'$ ... in ihrer eindeutigen Zuordnung beeinflussen. Die Größen zufälliger und notwendiger Faktoren sind voneinander meist schwer zu trennen, denn sie wirken in ihrer Gesamt-[185]heit (konkrete Systeme). Die zufälligen Faktoren, auch oftmals Störgrößen genannt, verzerren das klare Bild der gesetzmäßigen Abhängigkeit.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Nur dann, wenn wir die Kausalität und die wechselseitige Abhängigkeit nicht nur auf den notwendigen Zusammenhang beschränken, können wir auch die Störgrößen als kausal bedingt auffassen, d. h., auch ein zufälliges Ereignis hat seine Ursache.

Die Störungen machen sich als zufällige Schwankungen im gesetzmäßigen Verhalten des Systems bemerkbar. Wird die Kausalität mit dem gesetzmäßigen oder notwendigen Verhalten des Systems gleichgesetzt, welches durch seine wesentlichen Beziehungen bestimmt wird, dann sind alle übrigen Beziehungen, die zu gewissen Zufälligkeiten in den Verhaltensweisen führen, entweder auch als gesetzmäßig zu betrachten oder als nicht kausal. Beide Auffassungen sind unrichtig.

Sind zufällige Zusammenhänge gesetzmäßig, so führt dies zur Leugnung des Zufalls, sind zufällige Zusammenhänge nicht kausal, so geraten wir in den Indeterminismus. *Es ist also die Annahme der Notwendigkeit in der Beziehung zwischen Ursache und Wirkung, die aufgegeben werden muß*. Das bedeutet nicht die Aufgabe der materialistischen These, die sich gegen die Behauptung der Akausalität richtet, daß jede Wirkung notwendig eine Ursache hat. Es bedeutet die Aufgabe der These, daß jede Ursache mit Notwendigkeit immer die gleiche Wirkung hat. *Das Prinzip „gleiche Ursache gleiche Wirkung“* ist der prägnanteste *Ausdruck des Prädeterminismus*. Es gilt schon in der Physik nicht mehr und auch nicht bei hochkomplexen lebenden Systemen. *Es muß ersetzt werden durch das Prinzip „gleiche Ursachen – gleiche mögliche Wirkung“*.

All diese Überlegungen führen zu der These: *Das Kausalprinzip muß gegenüber der engen klassischen, mechanischen Determinismuskonzeption eine Erweiterung erfahren. Außerdem ist klar zwischen Kausalität und Gesetz zu unterscheiden, wobei unter Kausalität die konkrete, unmittelbare Vermittlung des objektiven Zusammenhangs zu verstehen ist*.

Die Unterscheidung zwischen dem Begriff des Gesetzes und dem der Kausalität erfolgt jedoch auch in unserer Literatur noch nicht immer eindeutig. So heißt es z. B. im Lehrbuch „Grundlagen der marxistischen Philosophie“: „Die Kausalität ist ein Zusammenhang zwischen den Erscheinungen, bei dem immer dann, wenn das eine ist, auch das andere folgt.“ (**189**, S. 120.)

In diesem Sinne schreibt auch MARCH: „Wir wollen hier unter Kausalität nicht etwa eine a priori gegebene Denkform verstehen, sondern identifizieren das Prinzip der Kausalität mit einer Behauptung, die ebensogut wahr wie falsch sein kann. Mit der Behauptung nämlich, daß sich unter denselben Bedingungen aus dem gleichen Anfangszustand immer derselbe Vorgang entwickelt. Hat die Natur diese Beschaffenheit, so werden die Ereignisse vorhersagbar ...“. (**102**, S. 106.) Kausalität liegt dann nach MARCH vor, wenn es möglich ist, aus dem Zustand des Systems auf zukünftige zu schließen. Diese allgemeine Formulierung gilt, wie er sagt, für die klassische Physik wie für die Quantenphysik. Sie gilt nach den Ausführungen von ELSASSER für die endlichen Automaten wie für die ontogenetische Entwicklung. Die Definitionen von ELSASSER und MARCH wie auch die des Lehrbuches können meiner Ansicht nach nur gültig sein, wenn zwischen den kausal verbundenen [186] Ereignissen ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht. Wie wir später noch sehen werden, gibt es auch gesetzmäßige Zusammenhänge, die nicht allein den Charakter der Notwendigkeit tragen.

Auch für KLAUS liegt Kausalität dann vor, wenn eine Ursache x notwendig eine Wirkung y hervorbringt. Vgl. (**74**, S. 310).

Man kann zeigen (vgl. HÖRZ, **59**, S. 151), daß solche Definitionen der Kausalität mit Definitionen des Gesetzes, wie sie von anderen Philosophen gegeben werden, zusammenfallen. Diese Identität der Kategorien Kausalität und Gesetz war gerade charakteristisch für die mechanistische Kausalitätsauffassung. Es läßt sich zeigen, daß eine solche Auffassung in Verbindung mit der dialektisch-materialistischen These von der Universalität der Kausalität zum mechanistischen Determinismus führen muß.

Eine der beiden Thesen muß aufgegeben werden. Da nicht die These von der universellen Verursachung aller Erscheinungen aufgegeben werden kann, ohne den Materialismus selbst aufzugeben, muß die These der Notwendigkeit im Kausalzusammenhang aufgegeben werden.

Kausalität ist eine Form, ein Moment der universellen Wechselwirkung. „Erst von dieser universellen Wechselwirkung kommen wir zum wirklichen Kausalitätsverhältnis. Um die einzelnen Erscheinungen zu verstehen, müssen wir sie aus dem allgemeinen Zusammenhang reißen, sie isoliert betrachten, und da erscheinen die wechselnden Bewegungen, die eine als Ursache, die andere als Wirkung.“ (ENGELS, **35**, S. 246 f.)

In der Diskussion zur Vorbereitung des Symposiums „Determinismus und Gesetzmäßigkeit in der modernen Naturwissenschaft“ (11.-13. Oktober 1963) und als unmittelbares Ergebnis dieses Symposiums hat sich am Lehrstuhl für philosophische Fragen der Naturwissenschaften unter Leitung von Professor LEY immer mehr die Auffassung

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

durchgesetzt, daß unter Kausalität die konkrete, unmittelbare Vermittlung des objektiven Zusammenhangs zu verstehen ist. So gibt schon LENIN den Hinweis: „Die Forderung der Vermittlung ... das ist es, worum es sich bei der Anwendung des Verhältnisses der Kausalität handelt." (**94**, S. 83.) Es handelt sich um einen grundlegenden elementaren Zusammenhang. x beeinflußt y und nicht umgekehrt. Der Zusammenhang ist daher zeitlich gerichtet, ist asymmetrisch. Die Form der Vermittlung, ob unmittelbar oder mittelbar, ergibt sich aus der Unterscheidung zwischen Ursachen und Bedingungen, und diese Unterscheidung ist relativ. Hierin kann nicht, wie z. B. FROLOW (**38a**) u. a. marxistische Philosophen annehmen, der eigentliche Unterschied zwischen mechanistischer und dialektisch-materialistischer Kausalitätskonzeption zu sehen sein. Charakteristisch für die mechanistische Kausalität ist, daß sie mit einer bestimmten Form eines gesetzmäßigen Zusammenhangs identifiziert wurde und daher keinen Raum für den objektiven Zufall und die Möglichkeit ließ. Nur wenn wir die These von der Notwendigkeit des Kausalzusammenhangs aufgeben, läßt sich vertreten, daß auch ein zufälliges Ereignis kausal bedingt ist. Es liegt eine Kausalbeziehung vor, wenn die Zuordnung von Ursache und Wirkung eindeutig ist, aber auch, wenn die Zuordnung nicht eindeutig ist. Der Informations- bzw. Funktionstransformator ordnet jeder Ursachenfunktion $x_e(t)$ eindeutig die entsprechende Wirkungsfunktion $x_a(t)$ zu. Zwischen den kausal verbundenen Erscheinungen besteht ein gesetzmäßiger Zusammenhang, der durch den Gliedoperator angegeben werden kann.

Es liegt aber auch ein Kausalzusammenhang vor, wenn dem $x_e(t)$ kein eindeutiges $x_a(t)$ zugeordnet werden kann.

Im ersten Fall bestätigt sich die Kausalität direkt, im zweiten Fall indirekt. „Nicht in jedem Falle ruft eine bestimmte Ursache eine genau bestimmte Wirkung hervor. Damit entfällt die Notwendigkeit der Beziehung zwischen einer bestimmten Ursache und einer bestimmten Wirkung als allgemeines Merkmal jeder konkreten Kausalrelation", [187] schreibt HÖRZ (**9**), S. 155. Er differenziert weiterhin zwischen allgemeiner und direkter Notwendigkeit. Die direkte Notwendigkeit sagt uns, daß etwas sich auf Grund der Gesamtheit aller Bedingungen verwirklicht hat. Die Wissenschaft fragt jedoch nicht nach der Gesamtheit aller an einem Prozeß beteiligten Bedingungen, sondern nach den allgemeinen, wesentlichen, reproduzierbaren, sie fragt also nach der allgemeinen Notwendigkeit.

Der mechanische Determinismus geht davon aus, daß die Gesetze alle Aspekte eines Prozesses genau bestimmen, die unwesentlichen wie die wesentlichen. Unsere Überlegungen ergaben, daß in Wirklichkeit die Gesetze nicht alle Aspekte eines Prozesses genau bestimmen, sondern nur die wesentlichen, so daß in der Tat Raum bleibt für den objektiven Zufall, für verschiedene objektive Möglichkeiten. Die nicht durch das Gesetz genau bestimmten Aspekte des Prozesses sind jedoch auch kausal bedingt, d. h. verursacht.

Erst die klare Trennung zwischen den Begriffen Gesetz und Kausalität ermöglicht das Grundprinzip von der universellen Verursachung widerspruchsfrei mit der Anerkennung der Existenz probabilistischer Gesetze zu vereinbaren. Es wird deutlich, daß die Einzelergebnisse im atomaren Geschehen bzw. auch die Einzelheiten der molekularen Struktur und Dynamik im dialektischen Sinne determiniert sind.

## 5.2. Determinismus und Informationsverarbeitung in technischen Automaten

### 5.2.1. Glieder mit festem Übertragungsverhalten

Kennzeichnend für die Automatisierungstechnik ist, daß hier bestimmte Wirkungsgefüge aufgebaut werden, kybernetische Netze, endliche Automaten. Die voneinander klar abgegrenzten Teile des Wirkungsgefüges werden als Glieder bezeichnet. Vom Standpunkt der Gerätetechnik spricht man von Baugliedern, vom Standpunkt der Signalübertragung (Informationen sind stets eingebettet in Signale) von Signalübertragungsgliedern (bzw. Informationstransformatoren). Die Wirkung geht stets vom Eingang zum Ausgang – es liegt also eine Asymmetrie des Zusammenhanges vor, X(t) bestimmt eindeutig Y(t) (Abb. 13).

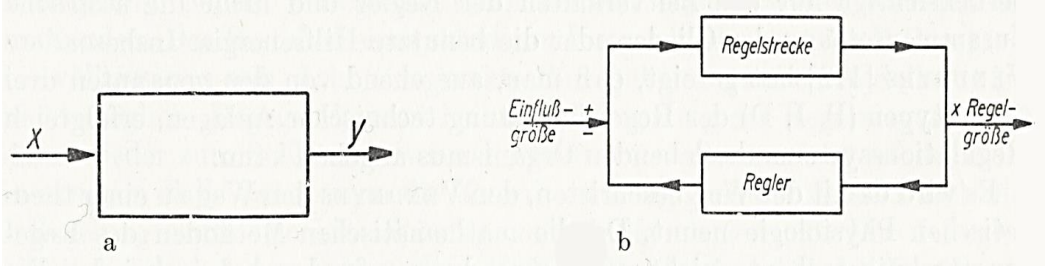



Abb. 13
a) Übertragungsglied mit der Eingangsgröße x und der Ausgangsgröße y.
b) Der Regelkreis als Rückführschaltung aus Regelstrecke und Regler.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[188] Abstrahiert man von der konkreten Natur der physikalischen Größen, so liegt eine Zuordnung zwischen mathematischen Funktionen vor. Ein solches Übertragungsglied, welches sich durch einen bestimmten Operator F beschreiben läßt, der angibt, welche mathematischen Operationen auszuführen sind, um aus der Funktion X(t) die Funktion Y(t) zu erhalten, ist ein typisches Beispiel für einen Automaten mit starrer Dynamik. Durch einen festen Algorithmus wird jedem Eingangssignal X(t) ein bestimmtes Ausgangssignal Y(t) zugeordnet (PESCHEL, **121**, S. 6, und SCHWARZE, **150**). Der Operator F kennzeichnet das Übertragungsverhalten des Gliedes. Das ist die Eigenschaft, auf die es bei der Anwendung der Glieder in der Automatisierungstechnik entscheidend ankommt. Bei der wirkungsgemäßen Betrachtung interessiert nur die Gestalt des Operators und nicht die konkrete Realisierung des Gliedes. Es ist auch gleichgültig, welche Hilfsenergie Verwendung findet, ob man pneumatische, hydraulische, elektrische Stellglieder eines Regelkreises betrachtet, den lebenden Muskel oder bestimmte chemische Reaktionen des Zellstoffwechsels. Glieder mit wirkungsmäßig gleichen Eigenschaften können äußerlich ganz verschieden sein, sie können unterschiedlichen Bewegungsformen der Materie angehören. Gerade auf dieser Tatsache beruht die Möglichkeit der technischen Modellierung biologischer Vorgänge. Dem Glied als konkretem Objekt der Wirklichkeit wird ein mathematisches Objekt zugeordnet (mathematische Modellierung). Der Bereich der logisch-mathematischen Operationen ist dem Bereich der technischen Automaten homomorph bzw. isomorph, vgl. S. 440.

Auch ein Regelkreis, der aus Gliedern mit einem festen Übertragungsverhalten aufgebaut ist, kann aufgefaßt werden als ein Automat mit starrer Dynamik. Die Glieder werden so ausgewählt, daß der gesamte Regelkreis ein festes Übertragungsverhalten zeigt, mit dem er die vorgesehene Aufgabe, z. B. eine minimale quadratische Regelfläche oder minimal zu haltende Regelabweichung, gut erfüllen kann.

Man wählt je nach der zu erfüllenden Aufgabe proportional, integral oder differentiell wirkende Regeleinrichtungen, oder man kombiniert entsprechend diese Eingriffsarten zu proportional, integral und differentiell wirkenden Regeleinrichtungen. Die Regler werden also entsprechend ihrer Wirkungsweise in P-, I-, PI-, PD-, ID- und PID-Regler eingeteilt. Diese Einteilung berücksichtigt nur das Zeitverhalten der Regler und nicht die stoffliche Zusammensetzung der Glieder oder die benutzte Hilfsenergie. Insbesondere VENDRYES (**172**) hat gezeigt, daß man, ausgehend von den genannten drei Grundtypen (P, I, D) der Regeleinrichtung technischer Anlagen, erfolgreich Regulationssysteme des lebenden Organismus angehen kann.

Es wird damit der Weg beschritten, den VENDRYES den Weg zu einer theoretischen Physiologie nennt. Da die mathematischen Methoden des Regelungstechnikers heute nicht nur Anwendung gefunden haben bei der Erforschung der Atemregulation, der Regulation des Blutzuckers, des Kreislaufes usw., sondern auch in der Neurologie und anderen Gebieten zur Erforschung biologischer Funktionssysteme, kann man wohl ganz allgemein [189] davon sprechen, daß hier der Weg zu einer theoretischen Biologie beschritten wird.

Soll z. B. ein Schiff trotz stürmischer See auf seinem Kurs gehalten werden, kann bei einer Abweichung vom gewünschten Kurs dieser durch entsprechende Verstellung des Ruders wieder erreicht werden. Der Eingriff kann so geschehen, daß der jeweilige Ruderschlag y (die Stellgröße) der Kursabweichung x proportional ist:

$$y = c \cdot x$$

Der regulierende Eingriff kann aber auch so erfolgen, daß entsprechend der Kursabweichung der Eingriff schneller oder langsamer erfolgt. Damit ist die Stellgeschwindigkeit $\frac{dy}{dt}$ proportional der Regelabweichung x

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

$$\frac{dy}{dt} = cx \qquad y = \int dx\,dt$$

Das bedeutet, daß die Stellgröße proportional dem Integral der Regelabweichung ist. Im dritten Fall, bei der D-Regelung, wird gewissermaßen schon vorgebaut. Man beobachtet, mit welcher Geschwindigkeit der Kurs des Schiffes sich ändert. Bei einer schnellen Kursänderung wird rechtzeitig eine entsprechend große Korrektur vorgenommen, um einer größeren Abweichung vom Kurs entgegenzuwirken, bei einer langsamen Kursänderung eine entsprechend kleinere. Das bedeutet, daß die Stellgröße y der Geschwindigkeit der Kursabweichung $\frac{dx}{dt}$ proportional ist.

Die Stellgröße ist demnach dem Differentialquotienten der Regelabweichung proportional

$$y = c \cdot \frac{dx}{dt}$$

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Reglertypen sind nicht nur mathematischer, sondern auch funktioneller Art. Die I-Regelung unterscheidet sich in ihrem funktionellen Verhalten bei Störungen wesentlich von der P-Regelung. Bei der P-Regelung ist immer eine bleibende Regelabweichung vorhanden. Das Bestehen eines ständigen Unterschiedes läßt die P-Regelung nie völlig genau sein, d. h., eine exakte Einregulierung auf einen Sollwert ist nicht möglich. Dagegen kommt bei einer I-Regelung der Regelvorgang erst dann wieder zum Stillstand, wenn der Sollwert wieder erreicht wurde, d. h. in unserem Falle dann, wenn die Kursabweichung genau Null ist. Durch die I-Regelung wird also eine Störung vollständig ausgeregelt. Der I-Regler arbeitet jedoch langsamer, und es besteht die Gefahr, daß der Regelkreis instabil wird. Die Methode des Eingriffs durch differentiell wirkende Regeleinrichtungen ist vor allem geeignet, einen Prozeß schnell zu beruhigen. Nachteilig ist jedoch, daß sie nur wirkt, wenn Abweichungen von dem zu [190] Beginn gegebenen Wert auftreten. War dieser aber schon fehlerhaft, so wird er beibehalten. Daher tritt die D-Regelung nur in Verbindung mit den anderen Typen auf.

Interessant sind die Schlußfolgerungen, die WAGNER für den biologischen Bereich aus dem funktionellen Charakter solcher Regler zieht. Er stellt u. a. fest: „Wo es sich im Sinne des Technikers um einen P-Regler handeln sollte, um einen sogenannten Regler mit Stellungszuordnung, *muß* ein Restreiz bestehenbleiben, damit die neue Gleichgewichtslage aufrechterhalten werden kann ... Soweit bisher experimentelle Ergebnisse vorliegen, spricht manches dafür, daß biologische Regler – soweit es sich um Halteregler handelt – solche mit Stellungszuordnung sind, und auch theoretische Überlegungen machen es wahrscheinlich, daß es bei Regelung der Lebensvorgänge ohne das Bestehenbleiben eines Restreizes nicht abgeht.“ (**175**, S. 210.) Nach WAGNER ist z. B. „für die Aufrechterhaltung einer höheren Zahl roter Blutkörperchen bei Sauerstoffmangelatmung ... das Bestehenbleiben eines Restreizes (also eines kleinen Mangels in der Sauerstoffversorgung der Blutkörperchen-Bildungsstätten), damit die Zahl der roten Blutkörperchen hoch bleibt, sehr in Betracht zu ziehen“ (**175**, S. 210).
Hier wird ganz deutlich, wie auch bei den zuvor geschilderten Überlegungen, die über die bisherigen Reflexbetrachtungen hinausgehen, wie die Feststellung funktioneller Gemeinsamkeiten der technischen und biologischen Regelungen zur Hypothesenbildung in der biologischen Forschung führt.
Auch das Prinzip der I-Regelung sollte für den biologischen Bereich in Betracht gezogen werden, es könnte auch hier sein, daß zwischen der Regel- und Stellgröße biologischer Regler eine Geschwindigkeitszuordnung besteht, d. h., die Stellung des Stellgliedes würde dem Zeitintegral über der Regelgröße entsprechen. Während WAGNER hervorhebt, daß das Leben wahrscheinlich vorwiegend vom Prinzip der P-Regelung Gebrauch macht und es sich vorerst unserer Beurteilung entzieht, ob es sich um P- oder I-Regler handelt, können wir, den Gedankengängen von VENDRYES (**172**) folgend, zeigen, daß sich aus der Anwendung beider Prinzipien der voneinander verschiedenen Reglertypen eine allgemeine Gesetzmäßigkeit für die Regulation physikalischer und chemischer Eigenschaften des Blutes ableiten läßt. Dazu führte folgende Überlegung: Wenn es um die Konstanterhaltung der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Blutes geht, sind die meisten Regelgrößen bestimmte Konzentrationen, z. B. Blutzucker. Die Regulation wird ausgeführt durch verschiedene Organe, meist, indem sie dem Blut bestimmte Bestandteile zuführen oder wieder entziehen. Diese Eingänge und Ausgänge regeln die Zusammensetzung des Blutes. Es kann also eine Regelung auftreten, wobei die Regelgröße eine Konzentration und die

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Stellgröße ein Abzug von dieser Konzentration ist. Der Abzug ist proportional der Änderungsgeschwindigkeit der Konzentration, formal ausgedrückt, proportional dem Differentialquotienten der Konzentration nach der Zeit (geschwindigkeitsproportionale Änderung). Es kann also gefolgert werden, daß hier eine integral wirkende Regelung vorliegt.
Nicht alle Stellgrößen greifen in der Form von Abzügen ein, sondern auch durch Konzentrationen. Da chemische Konzentrationen untereinander in ganz bestimmten Proportionen reagieren, handelt es sich hier um eine Regulierung mit proportionaler Wirkung. Die Verallgemeinerung dieses Gedankens hat VENDRYES 1958 zur Feststellung einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit geführt, die er „loi des concentrations et des debits“ (frei übersetzt: Gesetz der Konzentrationen und der Abzüge) nannte und wie folgt formulierte: „Wenn beide, die Regelgröße und die Stellgröße, in der Form der Konzentration eingreifen, handelt es sich um eine Regelung mit proportionaler Wirkung.
Und wenn die Regelgröße in der Form der Konzentration eines Bestandteils und die Stellgröße in der Form des Abzuges dieses selben Bestandteils eingreifen, mag es sich um [191] einen Ernährungsabzug, um eine Verbrauchsgeschwindigkeit, um eine Abbaugeschwindigkeit oder enzymatische Synthese oder um einen Abnutzungsabzug handeln, und welches auch immer der physiologische Mechanismus sei, mit welchem der Organismus diesen Abzug bewirkt, handelt es sich um eine Regelung mit integraler Wirkung.“ (**172**, S. 124-125.)
Weiterhin kann man u. a. auch das respiratorische System als Rückkopplungssystem behandeln. Es besitzt wenigstens drei kontrollierte Werte: $pCO_2$, *p*H und $PO_2$
Das wesentliche Kontrollelement ist die Ventilation. Die $pCO_2$-Spannung wird an bestimmten Stellen des Blutgefäßsystems durch $CO_2$-empfindliche Rezeptoren gemessen, gleichfalls im Atemzentrum (die Gesamtheit aller für die normale Atmung notwendigen und ausreichenden Zellgebiete des Zentralnervensystems). Verringert sich der $CO_2$-Gehalt im Blut, so wird die gemessene Größe im Atemzentrum mit dem Sollwert verglichen und dann eine entsprechend geringere Atemfrequenz eingestellt, d. h., es kommt zu einer schwächeren Atmung und damit wieder zu einem Anstieg des $CO_2$-Gehaltes im Blut. Ist der $CO_2$ zu hoch, wird die Atmung entsprechend beschleunigt, die Stellgröße ist hier also die jeweils ausgeatmete Menge an $CO_2$ und die Regelgröße, wie schon deutlich wurde, der Gehalt an $CO_2$ im Blut. Eine Vermehrung der $CO_2$-Konzentration im Blut determiniert auf Grund des aufgezeigten Zusammenhanges eine entsprechende Abatmung an $CO_2$. Wir haben es hier also mit einer integral wirkenden Regelung zu tun, erinnern daran, daß laut Definition diese dann vorliegt, wenn die Regelgröße in der Form der Konzentration eines Bestandteils und die Stellgröße in Form eines Abzuges dieses selben Bestandteils eingreift. Die Aufrechterhaltung des $CO_2$-Gleichgewichts ist außerordentlich wichtig auf Grund der zwangsläufigen Beziehung, die zwischen der Konzentration schwacher Säuren und ihrer konjugierten Base des Blutplasmas und dem *p*H-Wert bestehen.

Die Mechanismen, mit denen der Regelungstechniker im allgemeinen zu tun hat und die wir bisher bei den geschilderten regelungstechnischen Verfahren und Denkmethoden in Anwendung auf die Biologie betrachtet haben, sind reine Automatismen bzw. im mechanistischen Sinne determiniert. Umweltanpassung ist immer noch ein im klassischen Sinne determiniertes Verhalten, wenn wir darunter verstehen (wie ASHBY sagte), daß sich jeder Teil, wenn innerlich in einem bestimmten Zustand, nur in einer Weise allein verhalten wird. Die zielstrebigen Systeme sind durchaus starre Systeme mit genau determinierter Anpassungsfähigkeit. Während lineare Systeme (Steuersysteme) unabhängig von Veränderungen in der Umwelt ablaufen, sind die einfachen Rückkopplungssysteme, wie der Thermostat, abhängig von der physikalischen Größe in der Umwelt des Systems, für die sie konstruiert wurden, z. B. von der Temperatur oder bei dem molekularbiologischen Regulationsmechanismus z. B. der Enzyminduktion von einem bestimmten Substrat im Milieu. Sie sind aber im wesentlichen von keiner anderen physikalischen Größe abhängig.

Sobald dieser Zustand in der Umwelt gegeben ist, sind sie ebenfalls stark determiniert. Es ist offensichtlich, daß solche Systeme keine zureichende Analogie für die Homöostase lebender Systeme darstellen (WIESER, **186**, S. 53), denn Lebewesen sind in der Lage, sich einer großen Vielfalt sich ständig verändernder Umweltbedingungen anzupassen und Störungen zu kompensieren.

[192] Es gibt jedoch kybernetische Systeme, mit denen gewöhnlich der Regelungstechniker nichts zu tun hat, die diese Eigenschaften zeigen. Sie werden nach ASHBY ultrastabile Systeme genannt. Hier ist ein technisches System konstruiert worden, welches statistische Momente mit einschließt. Während den einfachen stabilen Systemen das Prinzip der Rückkopplung zugrunde liegt, ist es beim ultrastabilen System die Stufenfunktion. Rückkopplung ist die physi-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

kalische Grundlage des Phänomens der Anpassung. Die Stufenfunktion verbindet das Vermögen, sich angepaßt zu verhalten mit der Fähigkeit des Auswählens und der „Spontaneität".

Das Problem der Determination ist es, welches uns hier vom philosophischen Standpunkt besonders interessiert. Macht man sich deutlich, daß die in Rede stehenden Automaten mit starrer Dynamik bzw. Glieder mit festem Übertragungsverhalten im idealen Falle durch Differentialgleichungen 2. Ordnung, welche den Hintergrund der klassischen Physik bildeten, beschrieben werden können, so ist die Grenze, bis zu der sie die realen Verhältnisse adäquat wiedergeben können, mit der Grenze des klassischen Determinismus gegeben. Die Aussage, daß sich das Verhalten von Lebewesen nicht völlig auf solche Automatismen reduzieren läßt, ist demnach identisch mit der Aussage, daß sich nicht alle Erscheinungen im Bereich der lebenden Welt mit der klassischen Determinismuskonzeption erfassen lassen, daß sich nicht alle Zusammenhänge der objektiven Realität auf absolut notwendige Beziehungen, d. h., auf gesetzmäßige Zusammenhänge im Sinne der klassischen Mechanik reduzieren lassen, wie dies vom mechanistischen Denken angenommen wurde. ENGELS (**35**, S. 235) hob hervor, daß, wenn der Zufall geleugnet wird, in Wirklichkeit alles zum Zufall degradiert wird. Der nächste Schritt, den die Automatisierungstechnik ging, gerade um sich den realen Verhältnissen besser anpassen zu können und um die Verhaltensweisen lebender Systeme besser simulieren zu können, war der Schritt zu technischen Systemen mit Gliedern, die ein variables Übertragungsverhalten besitzen.

### 5.2.2. Glieder mit variablem Übertragungsverhalten

Die Automaten, die ihr Übertragungsverhalten variieren können, sind in der Lage, jeweils eine solche Informationsverarbeitung zu wählen, die ihnen unter den gegebenen Bedingungen eine bessere Erfüllung der Aufgabe gestattet.

Arbeitet die Anlage mit festem Algorithmus, so muß ihr zur Erreichung eines variablen Verhaltens ein verzweigtes Programm eingegeben werden. Sie verfügt dann über viele mögliche Algorithmen zur Verarbeitung der Information, deren Zusammenwirken durch einen Führungsalgorithmus gesteuert wird, d. h., den digitalen Rechenautomaten wird in der Regel mit dem Programm nicht nur ein Algorithmus eingegeben, sondern mehrere, unter denen er zu wählen hat, je nachdem, ob bestimmte Bedingungen (z. B. bezüglich der errechneten Zwischenergebnisse) erfüllt sind oder nicht (Abb. [193] 14). Die Ergebnisse werden mit bestimmten Werten verglichen, und je nach dem Ergebnis des Vergleichs wird in ein anderes Programm gesprungen oder der Sprungbefehl nicht ausgeführt und der nächstfolgende Befehl des bisherigen Programms abgearbeitet. Man kann dadurch dem Rechenautomaten eine Anzahl verschiedener möglicher Verhaltensweisen geben. In Abhängigkeit von Tests ist er in der Lage, sein Verhalten zu ändern.

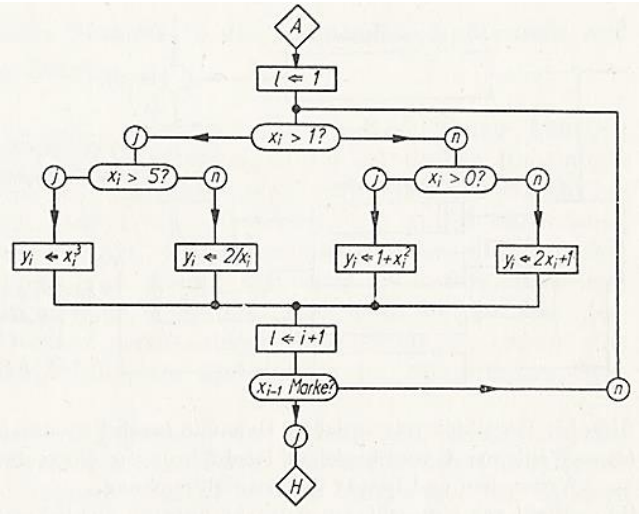



Abb. 14. Verzweigtes Programm für einen digitalen Rechenautomaten (nach PESCHEL, **124**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Trotz dieser Variabilität sind alle Abläufe jedoch streng determiniert, darauf muß ausdrücklich hingewiesen werden, weil es hier, wenn auch nicht unter den Automatisierungstechnikern, so doch in philosophischen Diskussionen außerhalb dieses Bereiches eine Vielzahl von Mißverständnissen gibt. Man kann allerdings einem programmgesteuerten Automaten, also einem streng determinierten System, ein zufälliges Verhalten geben, indem man durch ein Zusatzgerät Zufallszahlen erzeugen läßt. Dieses Verfahren ist die Grundlage einer Verwendung von Rechenautomaten für eine Rechenmethode, die unter dem Namen „Monte-Carlo-Methode“ bekannt geworden ist. Damit sind wir in die Lage versetzt, selbst mit Hilfe eines streng determinierten Systems und sogenannten Pseudozufallszahlen (denn es handelt sich nicht um echten Zufall) zufällige Prozesse annähernd zu beschreiben. (Eine andere Möglichkeit zur Erzeugung zufälligen Verhaltens ist gegeben durch die Einführung eines radioaktiven Präparates, das zu unbestimmten Zeitpunkten Elementarteilchen aussendet, die verstärkt und registriert werden. In diesem Falle besteht keine Möglichkeit zur Vorhersage der Zufallszahlen. Hier haben wir es mit echtem Zufall zu tun.) [194]

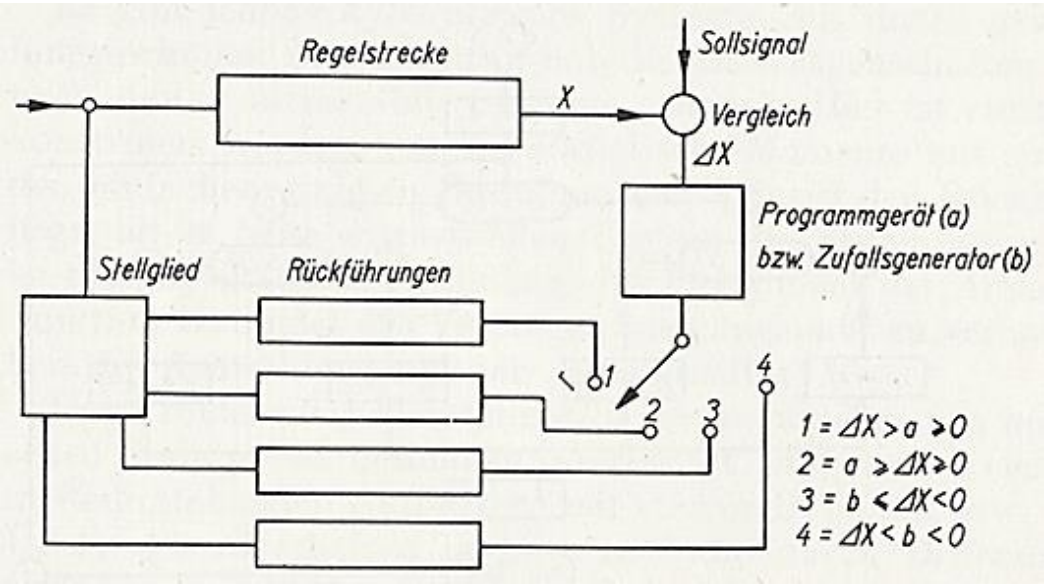



Abb. 15. Regelkreis mit variabler Dynamik (nach PESCHEL, **124**).
(a) = Wahl aus 4 verschiedenen Rückführungen durch Programmgerät an Hand von Vorzeichen und Betrag der Regelabweichung.
(b) = Wahl aus 4 verschiedenen Rückführungen durch Zufallsgenerator, deren Funktion gesteuert wird durch Vergleich von Werten der quadratischen Regelfläche (entsprechendes Rechenglied und Speicher erforderlich).

Als einen Automaten mit variabler Dynamik können wir auch einen Regelkreis auffassen, der aus Gliedern mit variablem Übertragungsverhalten besteht. Bekanntlich wird bei einem Regelkreis der Istwert der Regelgröße mit dem vorgegebenen Sollwert verglichen, und entsprechend dem Ergebnis dieses Vergleichs wird korrigierend in den Energie- und Massestrom eingegriffen. Im Falle eines Regelkreises aus Gliedern mit variablem Übertragungsverhalten (Abb. 15) wird nun nicht nur auf der Grundlage der Vergleichsergebnisse korrigierend in den jeweiligen zu regelnden Prozeß eingegriffen, sondern zugleich wird aus einem Vorrat verschiedener möglicher Informationsverarbeitungsweisen (entsprechend dem obigen Beispiel) das für die jeweilige Situation Zutreffende ausgewählt. PESCHEL (**124**) hebt hervor, und das ist für unsere Diskussion hier das *Entscheidende*: „Dies geschieht bei deterministischen Automaten wieder nach einem vorgegebenen Plan in der Art einer Folgesteuerung nach der Eingangsgröße y(t) und bei statistischen Automaten durch zufälliges Probieren (error und trial).“

Dem zuletzt genannten Typ der höheren Automaten aus Gliedern mit variablem Übertragungsverhalten, dem statistischen bzw. stochastischen Automaten, wollen wir uns im folgenden in einem gesonderten Abschnitt zuwenden. [195]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 5.3. Selbstorganisierende Systeme in der technischen Kybernetik und das Problem des Zufalls

Die Automatisierungstechnik verwendet heute schon immer häufiger Regelungssysteme anderen Charakters, als sie in der klassischen Regelungstechnik üblich waren. Solche Systeme werden recht unterschiedlich bezeichnet. Man spricht von „adaptiven" Systemen, wir wollen auch sagen „anpassungsfähige Systeme II. Art" im Unterschied zu den einfachen Systemen mit Rückkopplung. Man nennt sie auch „selbstorganisierende Systeme" oder „selbstoptimierende Systeme", oder man spricht von „lernenden Automaten". All diese verschiedenen Bezeichnungen haben eine etwas unterschiedliche Bedeutung, sie sind jedoch im wesentlichen Synonyme.

Der wesentliche Unterschied gegenüber den klassischen Regelungssystemen besteht bei einigen Systemen u. a. darin, daß der Sollwert der Regelgröße, die sogenannte Führungsgröße, nicht fest vorgegeben ist. Andere Systeme dieser Art sind in der Lage, ihre Parameter selbst zu wählen und sich so den sich verändernden Betriebsbedingungen anzupassen. Solche Systeme sind in der Lage, die Erfahrungen aus der Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt auszuwerten, sie besitzen also eine Art Lernfähigkeit und werden daher zu der Gruppe der „lernenden Automaten" gerechnet.

Man unterscheidet also u. a. folgende Typen adaptiver bzw. selbstorganisierender Systeme:

1. Systeme mit Selbsteinstellung des Eingangssignals,
2. Systeme mit Selbsteinstellung des Arbeitsprogramms,
3. Systeme mit Selbsteinstellung der Systemparameter,
4. Systeme mit Selbstveränderung der Struktur.

Es ist hervorzuheben, daß die Typen 1-3 während eines Adaptationsvorganges einen konstanten Systemaufbau aufrechterhalten und nur die Parameter eines Bauelementes verändern oder einen Spannungswert. Ein Adaptationsvorgang kann aber auch durch eine Variation der Bauelemente erreicht werden (Fall 4), das bedeutet jedoch selbsttätige Veränderung der Struktur des Systems.

Auch unsere Rechenautomaten (selbst komplizierte Automaten, die z. B. in der Lage sind, Übersetzungen anzufertigen oder Schach zu spielen) gehören zu den klassischen Systemen der Automatisierungstechnik, da sie ein bestimmtes starres Programm bzw. einen Algorithmus für ihre Operation besitzen.

Die Bedeutung solcher Systeme sollte in keiner Weise unterschätzt werden, jedoch ist heute schon klar, daß Systeme dieses herkömmlichen Typs mit einem starren Programm die Automatisierung der Mehrzahl aller Produktionsprozesse nicht gewährleisten können. Daher führt die Entwicklung der Technik über diese Systeme hinaus zu anpassungsfähigen bzw. selbst-[196]organisierenden Systemen, die in der Lage sind, ihre Kenngrößen selbsttätig zu verändern.

Verstehen wir unter einem Algorithmus ein endliches System von Regeln, das festlegt, wie in endlich vielen Schritten gegebene Eingangsgrößen in bestimmte Ausgangsgrößen transformiert werden, dann ist die Adaptation bzw. Selbstorganisation eines technisch-kybernetischen Systems eine zielgerichtete Änderung des in dem System sich vollziehenden Vorgangs durch eine Veränderung des ihm zugrunde liegenden Algorithmus. Es ist deutlich, daß solche Systeme eine wesentliche Erweiterung des reinen Informationstransformators darstellen. Sie sind letztlich zwar auch Informationstransformatoren (Mechanismen), aber eines höheren Typs. Diese Feststellung ist wichtig in bezug auf unsere Gegenüberstellung zu Systemen, welche auf der Grundlage enger Wechselbeziehungen mit der Umwelt auch zu endogener Informationsvermehrung befähigt sind. Jedoch sind diese Systeme, und darin besteht vor allem die entscheidende Erweiterung, zum Informationsgewinn aus der Umwelt befähigt. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt, der uns hier auf Grund unserer besonderen philosophischen Problematik vor

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

allem interessiert, ist die Determination solcher adaptiven Systeme. Es ist offensichtlich, daß in solchen Systemen die Rezeptoren, die Speicherelemente, die logischen Elemente und die Effektoren usw. in ihren Verbindungen zueinander nicht fest determiniert sein dürfen. Diese Verbindungen sollen sich ja erst in der Wechselwirkung mit der Umwelt ausbilden.

Wie bei Lebewesen, bei denen sich auch erst auf Grund der Lebenserfahrung bedingte Reflexe ausbilden, so bilden sich hier in ähnlicher Weise die entsprechenden Verbindungen aus. Solche technischen Systeme können natürlich viel weittragendere Modelle für biologische Verhaltensweisen sein.

Die Automatisierungstechnik in ihrer Weiterentwicklung, wie auch die Atomphysik, entwikkelt also von Anbeginn Vorstellungen, die dem Laplaceschen Determinismus widersprechen, jedoch zunächst noch nicht grundsätzlich, vgl. S. 29/30.

Ein Gebiet, auf dem die objektive Existenz des Zufalls zu berücksichtigen ist, ergab sich also, als die Techniker und Physiologen begannen, kybernetische Systeme zu entwickeln, die Leistungen und Eigenschaften von Lebewesen nachahmen sollten. Wenn die mechanistische Determiniertheit für Lebewesen nicht zutreffend ist, dann taucht die Frage auf, ob man das Gegenteil davon, die nicht-mechanistische Determiniertheit, in einer Maschine nachbauen kann. ASHBY (**4**) zeigte, daß man in der Tat den Zufall als konstruktives Element in kybernetische Maschinen einführen kann.

Es wurde festgestellt, daß viele Elemente enthaltende zufällige Netze mit Selbstorganisation den Verlust eines Teils der Elemente kompensieren können. Solche Systeme sind in der Lage, Störungen ihrer Übertragungskanäle durch Selbstorganisation auszugleichen.

Der Begriff der Selbstorganisation einer zufällig entstandenen Struktur ist nicht nur ein Prinzip, das praktischen Nutzen verspricht, sondern auch ein Mittel, viele Prozesse der lebenden Organismen zu verstellen. So wurde [197] der Homöostat geschaffen, um bestimmte Vorgänge der Nerventätigkeit nachzubilden, und zwar die Herstellung solcher Strukturverbindungen im Nervensystem, die die Grundlage für eine im Lernprozeß entstehende neue Funktion bilden.

Wir werden jetzt dahin geführt, unseren Begriff des Automatismus zu erweitern. Wir betrachteten zunächst nur Glieder bzw. Zusammenschaltungen von Gliedern, Netze mit fester Dynamik, mit einem bestimmten Übertragungsverhalten, die wir als Funktions- bzw. Informationstransformatoren bezeichneten und die in den Bereich des Laplaceschen Geistes fallen. Solche Glieder mit ganz bestimmtem Übertragungsverhalten finden wir bei der Regelung einer Regelstrecke. Einige der verwendeten Glieder besitzen gewisse einstellbare Parameter; die Einstellung ist aber fest vorgegeben, und zwar so, daß bei einer Störung den Bedürfnissen entsprechende Regelvorgänge gesichert sind. Das System selbst aber, und darin liegt der entscheidende Unterschied zwischen *anpassungsfähigen Systemen erster Art und anpassungsfähigen Systemen zweiter Art*, hat keine Möglichkeit, diese fest eingestellten Parameter zu verändern. Es können aber Störungen auftreten, zu deren Ausgleich es nötig wird, andere Parameter zu wählen. Ein anpassungsfähiges System 2. Art nach WIESER (**186**) oder selbstanpassendes, selbstorganisierendes System im Gegensatz zu den einfachen zielstrebigen Systemen oder anpassungsfähigen Systemen 1. Art liegt vor, wenn das System von sich aus in der Lage ist, seine Parameter in gewissen Bereichen selbsttätig zu wählen und einzustellen (vgl. PESCHEL, **122** und STEINBUCH, **160**, S. 150).

Es gibt technische Systeme, die mit ihrer Umwelt durch Rückkopplung verbunden sind (äußere Rückkopplung nach ASHBY). Diese Tatsache führten ASHBY und WALTER zu den Gedanken, daß die Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt auch mit Hilfe der Begriffe Versuch und Irrtum zu erfassen sind, d. h., die Systeme können zu ihrer Umwelt in einer Beziehung von Versuch und Irrtum stehen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Lebewesen müssen sich bekanntlich an die sich ständig verändernden Umweltverhältnisse anpassen, um nicht zugrunde zu gehen. Ein solches Anpassungsverhalten läßt sich genau experimentell erforschen. Die bekannten Labyrinthversuche stellen beispielsweise eine Situation dar, die genau unter Kontrolle gehalten werden kann und sich exakt beschreiben läßt. Erste Versuche dieser Art gehen auf PAWLOW und KÖHLER zurück. Ein Tier wird z. B. mit dem Problem konfrontiert, den Ausgang aus einem Labyrinth zu finden. Durch einen Zufallsprozeß nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum findet das Tier auch den Ausgang. Die Frage ist, ob das Tier mit der Zeit den Ausgang schneller findet, ob die Zeit, die es benötigt, in statistisch signifikanter Weise abnimmt, d. h., ob es „lernt". Lernen wird hier nicht im umfassenden Sinne des Wortes, sondern als eine erfahrungsbedingte Verhaltensmodifikation aufgefaßt, die derart ist, daß sich das Verhalten des Systems gegenüber dem vorangegangenen verbessert. Ratten z. B. lernen, dem Labyrinth zu entkommen. Da diesem Lernen eine charakteristische Verteilung

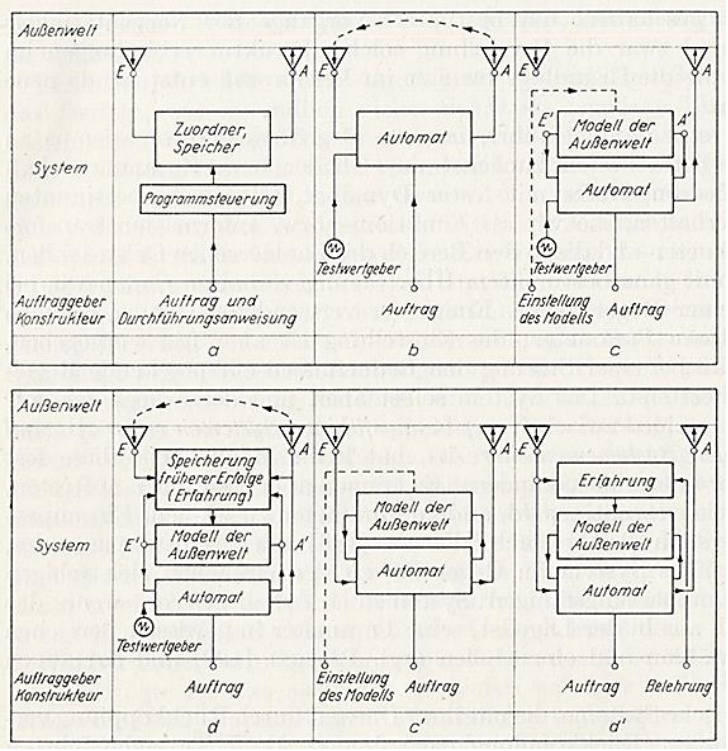



Abb. 16. Wesentliche Typen automatischer Systeme (nach STEINBUCH, **160**). [Abb. 16, S. 198 des Buches]

a) In den Automaten gelangen über die Eingabe E Informationen zur Verarbeitung. Wie die Eingangsinformationen zu verarbeiten sind, ist durch das Programm festgelegt. Das Ergebnis der Informationsverarbeitung wird über die Ausgabe A an die Außenwelt gegeben. Es ist der Haupttyp der gegenwärtig eingesetzten Automaten.

b) Hier liegt eine höhere Entwicklungsstufe der Automaten vor. Dem Automaten wird nur der allgemeine Auftrag eingegeben, die Art der optimalen Informationsverarbeitung wird von ihm selbst ausgewählt. Ein Testwertgeber bietet nacheinander verschiedene Transformationsbefehle (Anweisungen zur Verarbeitung der Eingangsinformation) an. Der Automat erzeugt die entsprechenden Ausgangsmaßnahmen und beobachtet über E die Reaktionen der Außenwelt. Derjenige Testwert, welcher unter Berücksichtigung der Laufzeit die günstigste Reaktion der Außenwelt ergibt, wird festgehalten und bestimmt das zukünftige Verhalten des Automaten. Automaten dieser Art dürften z. B. zur Steuerung chemischer Prozesse Anwendung finden. Über A werden die Temperaturen, Drücke sowie die Durchlaufgeschwindigkeit des chemischen Prozesses so lange verändert, bis über E ein optimaler Wirkungsgrad des Gesamtgeschehens festgestellt wird. Entscheidend ist, daß der Automat in der Lage ist, einen Optimalzustand anzunehmen, der dem Konstrukteur zuvor nicht bekannt war. Bei diesem Typ des Automaten ist jedoch noch nicht ausgeschlossen, daß über A Maßnahmen an die Außenwelt gegeben werden, die zu schädlichen Folgen führen, z. B. [199] zu einer Explosion des Kessels, bevor die optimalen Betriebsbedingungen erreicht werden konnten.

c) Die zuvor geschilderten Nachteile werden überwunden durch noch höherentwickelte Automaten. Zu ihrem Bauplan gehört ein sog. inneres Modell der Außenwelt. Es ermöglicht, Wirkungen verschiedener Verarbeitungen erst einmal im Inneren durchzuspielen, so daß die beste der möglichen Maßnahmen ausgewählt wird.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

d) Noch leistungsfähiger sind solche Automaten, die in der Lage sind, ihr inneres Modell der Außenwelt selbständig zu korrigieren bzw. zu verbessern. Dieses System besitzt nicht nur ein vom Konstrukteur vorgegebenes inneres Modell der Außenwelt, sondern ist in der Lage, auf der Grundlage früherer Erfolge und Mißerfolge das interne Modell zu verändern. Die Modelle werden (wie bei c die verschiedenen Möglichkeiten) durchgespielt, geprüft und das zur Erfüllung der Aufgabe beste ausgewählt. Wenn die eintretende Wirkung der vorausgesehenen entspricht, wird die ausgewählte Transformation gespeichert. Wird eine Abweichung gegenüber der vorausgesehenen Wirkung festgestellt, erfolgt die Auswahl einer neuen Transformation so lange, bis ein optimaler Wirkungsgrad erreicht ist.

[199] der Versuchsabläufe zugrunde liegt, läßt sich dieser stochastische Prozeß mit entsprechenden mathematischen Modellen erfassen, d. h., das Verhalten der Ratte wird statistisch simuliert. Auf Grund des bestehenden Isomorphismus zwischen dem Bereich der mathematisch-logischen Operationen und bestimmten physikalischen Operationen im Bereich der Automatisierungstechnik ist es offensichtlich möglich, eine Maschine zu konstruieren, die diesem Verhaltensmuster der „statistischen Ratte“ folgt.

Das bekannteste dieser technisch-kybernetischen Systeme ist die sogenannte „Maus im Labyrinth“ von SHANNON, die ebenfalls wie die richtigen Mäuse oder Ratten in der Lage ist, aus einem Labyrinth herauszufinden.

Diese Fähigkeit, aus einem Labyrinth herauszufinden, führt in der Weiterentwicklung zu dem zielsuchenden System von WALTER. ELSASSER schreibt über diese „Spielzeuge“ (WALTER selbst nennt sie Schildkröte bzw. machina speculatrix): „Die Tatsache, daß eine quasi-statistische Operation in einen Mechanismus von einfacher Struktur eingeführt werden kann, indem man dem Gerät eine Vielzahl innerer Verbindungen gibt, wurde von WALTER klar erkannt ... Die Charakteristik solcher Geräte, die hier kraftvoll erscheint, ist die, daß, obwohl die Kreise extrem einfach sind und das Verhalten determiniert ist, es jedoch praktisch hoffnungslos ist, ein mathematisches Verfahren zur Vorhersage des Verhaltens zu entwickeln.“ (**31**, S. 52-53.)

Damit ist auch die uns hier besonders interessierende Frage nach dem Determinismus dieser Systeme beantwortet. Die Frage danach, welcher Art Ordnung, welcher Art der Naturgesetzlichkeit die sich hier vollziehenden Vorgänge; die sich verändernden Verknüpfungen der Glieder folgen, wird hier offensichtlich in Analogie zur *statistischen Mechanik* beantwortet.

„Eine solche Situation ist in der Physik nicht neu. Erst kürzlich hat BIRKHOFF unter anderem aufgezeigt, daß, obwohl die Bewegung einer turbulenten Flüssigkeit unfraglich beherrscht wird von deterministischen Differentialgleichungen der klassischen Physik, [200] es doch nicht möglich ist, zu signifikanten Resultaten bei der methodischen Anwendung konventioneller Verfahren zur Lösung solcher Gleichungen zu gelangen. Das Beste, was man erhoffen kann, ist eine bestimmte Annäherung zu erhalten, eine statistische Vorhersage.
*Es ist die Leistung von* WALTER, *experimentell gezeigt zu haben, daß ein solches Verhalten von elementaren Mechanismen erzeugt werden kann, deren Dynamik vom mathematischen Gesichtspunkt her unendlich einfacher ist als die der Flüssigkeitsbewegung*.“ (**31**, S. 53.)

Auch ELSASSER spricht im Zusammenhang mit derartigen von ASHBY und WALTER konstruierten kybernetischen Systemen zur Nachahmung komplizierterer Verhaltensweisen der Lebewesen von der Notwendigkeit, den Begriff des Mechanismus bzw. Informationstransformators zu erweitern. Eine derartige Erweiterung wird notwendig, da diese Systeme zum Informationsgewinn aus der Umwelt befähigt sind. Bei den einfachen, mechanisch determinierten kybernetischen Maschinen bestimmt der Eingang eindeutig die Ausgangsoperationen, bei den stochastischen Automaten wird der Eingang nach statistischen Gesetzen verarbeitet, und daher werden nicht notwendig eindeutig vorherbestimmbare Ausgangsoperationen erzielt (Abb. 16).

Zweckmäßigerweise sind die von Informationsverarbeitungsmaschinen durchgeführten Operationen zu unterscheiden in streng deterministische und in stochastische Operationen. Solche streng deterministischen Informationsverarbeitungsprozesse, die, ausgelöst von bestimmten Eingangsinformationen, auf der Grundlage exakter Programmierung so eindeutig verlaufen,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

daß sie mit Notwendigkeit zu eindeutigen Ausgangsinformationen führen, entsprechen offensichtlich dem von Prämissen ausgehenden und strengen Umformungsregeln folgenden deduktiven Denken des Menschen, während Informationsverarbeitungsprozesse stochastischer Art in erster Näherung dem entsprechen könnten, was man als statistische Induktion oder Induktion durch Ausschaltung bezeichnet.

Bei technischen Systemen, die die Fähigkeit besitzen, auf äußere Einwirkungen nach dem Schema „Automat – Umwelt“ zu reagieren, haben wir es mit den sogenannten „niederen“ Automaten zu tun.

Bei technischen Systemen, die die Fähigkeit besitzen, nach der Methode von „Versuch und Irrtum“ Signale aus der Umwelt mit dem eigenen Programm zu vergleichen, haben wir es mit den sogenannten „höheren Automaten“ zu tun. Ein lernender Automat besitzt vor allem einen Speicher, in dem er die Informationen über den Erfolg oder Mißerfolg probeweise vollzogener Parametereinstellungen festhält. Er hat einen inneren Mechanismus, der aus Elementen mit variablen Schwellen besteht. Da sich dieser innere Mechanismus auf der Grundlage des Vergleiches mit der Außenwelt bildet, stellt er ein Analogon (ein Modell) der Außenwelt dar. Nach STEINBUCH, der intensiv an der Entwicklung solcher Systeme arbeitet, hat ein System Modellstruktur, „wenn vor einer nach außen wirksamen Maßnahme in einem internen Modell der Außenwelt die voraussichtlichen Reaktionen der Außenwelt auf verschiedene mögliche Maßnahmen geprüft werden und nur diejenige nach [201] außen wirksam gemacht wird, welche die erwünschte Reaktion der Außenwelt ergibt.

Lernen eines Systems besteht darin, daß es entsprechend früheren Erfolgen oder Mißerfolgen (Erfahrungen!) das interne Modell der Außenwelt verbessert.“ (**161**, S. 138-139.)

Mit der Fähigkeit, früher gewonnene Erfahrung zu verallgemeinern, zu speichern, um sie später zur Grundlage zielgerichteter Maßnahmen zu machen, ist wohl die bisher höchste Stufe der Informationsverarbeitungstechnik erreicht (Abb. 16).

Lernende Automaten sind technische Systeme, die zu einer Aufwärtsentwicklung befähigt sind. Auf der Grundlage gespeicherter Informationen, d. h. struktureller Veränderungen im Speicher des Systems, ist das System in der Lage, die ihm gestellten Aufgaben immer besser zu erfüllen. Der Begriff des Lernens, auf eine Maschine angewandt, hat also die Bedeutung der Verbesserung des Verhaltens bzw. der Arbeitsleistung gegenüber dem vorangegangenen Verhalten bzw. der Arbeitsleistung. Es können Programme für solche Maschinen aufgestellt werden, die sie veranlassen, Teile ihres Programms zu verändern, indem sie durch Rückkopplung mit der Umwelt verbunden sind. Noch weitergehende Versuche zielen dahin, Automaten zu konstruieren, die ohne ein detailliertes Programm arbeiten. Einem komponierenden Automaten z. B. ist kein fester Algorithmus vorgegeben, sondern er analysiert die eingehende Information statistisch. Er gewinnt dadurch eine Anzahl von Bedingungen, die die Grundlage seiner weiteren Operationen bilden.

Im Unterschied zu einem adaptiven System 1. Art kann ein lernendes System scheinbar selbständig gewisse Entscheidungen fällen. Es braucht aber dafür ein vom Menschen vorgegebenes Gütekriterium. Verändert ein System seine Verhaltensweisen, um eine bessere Leistung zu erzielen, so muß ihm auch der Fakt eingegeben sein, daß diese Leistung in der Tat gewünscht wird. Auch hier führt der Automat keinen schöpferischen Prozeß aus. Der maschinelle Lernprozeß ist notwendigerweise ein formaler Prozeß. Im Sprachgebrauch des Logikers, Mathematikers und Kybernetikers wird das Wort „formal“ fast synonym für das Wort „mechanisch“ gebraucht. Daher sind formale Begrenzungen (wenn es sie gibt[1]) zugleich auch Begrenzungen

[1] Der Algorithmentheorie ist es in den letzten Jahrzehnten gelungen, den Begriff des Algorithmus in theoretisch und praktisch befriedigender Weise exakt zu definieren. Auf der Grundlage dieser Erkenntnis wurde es auch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[202] den Bereich der Mechanisierung. In diesem Sinne sind auch statistische bzw. lernende Automaten Mechanismen, deren Fähigkeiten sich jedoch gewaltig erweitert haben.

Ein selbstorganisierendes System wird von ASHBY definiert durch eine Menge innerer Zustände, eine Menge von inputs und einer Abbildung der Produktmenge aus den inneren Zuständen und den inputs auf die inneren Zustände.

Die selbstorganisierenden Systeme, die entsprechend den Einwirkungen der Umwelt Einfluß auf ihre Parametereinstellungen nehmen können, stellen z. B. fruchtbare Modelle von Gehirnfunktionen dar. Mit ihnen kann man untersuchen, wie sich möglicherweise Strukturen unseres Gehirns unter entsprechenden Bedingungen und Einwirkungen der Umwelt verändern (POLETAJEW, **126**, S. 361).

Nach ASHBY ergeben sich für solche Systeme im wesentlichen zwei Entwicklungsmöglichkeiten:

1. Die Entwicklung beginnt mit voneinander unabhängigen Teilen, die dann untereinander Verbindungen ausbilden, so daß ein Übergang von einem unorganisierten zu einem organisierten Zustand erfolgt.

2. Es besteht schon eine Organisation, doch es tritt ein Wechsel von einer schlechteren zu einer verbesserten Organisation ein.

Ausgehend von einer Menge innerer Zustände bilden sich also die Beziehungen zwischen den Elementen erst heraus oder bestehende Beziehungen werden enger. Eine solche Veränderung hat jedoch ihre Ursache nicht in der Menge der inneren Zustände, sondern wird allein durch die Umwelt, durch die auf das System wirkenden inputs ausgelöst. Eine solche Maschine ist also nicht aus sich selbst heraus auf der Grundlage ihrer inneren Widersprüchlichkeit selbstorganisierend, sondern muß mit einer anderen Maschine (oder mit dem Menschen) verbunden sein. Modellvorstellungen dieser Art gilt es sicher noch zu erweitern und zu vertiefen, denn sie geben uns noch keinen Hinweis zur Lösung des Problems der progressiven Differentation und der Entwicklung von niederer zu höherer Komplexität, Probleme, deren [203] Lösung jedoch gerade zum Verständnis der Phylogenese sowie der Ontogenese von besonderer Bedeutung ist (vgl. S. 334 f.).

Die philosophisch interessante Frage ist, ob der Mensch, der Konstrukteur technisch-kybernetischer Systeme, die einzig mögliche Ursache der Evolution eines solchen Automaten sein kann oder ob es auch einen selbständigen Weg zur Schöpfung des Automaten geben kann, ob er auch ohne einen in ihn hineingelegten ideellen Inhalt, d. h. „Vorgabe sozusagen

---

möglich, die Existenz algorithmisch unlösbarer Problemklassen nachzuweisen. Durch diese Resultate, die eng verbunden sind mit den Arbeiten von GÖDEL, CHURCH, POST, KLEENE und MARKOW und gewöhnlich unter der Bezeichnung „Unentscheidbarkeitssätze“ bzw. „Nichtaufzählbarkeitssätze“ zusammengefaßt werden, erhielt man Einsicht in die Grenzen des axiomatisch-deduktiven Vorgehens. Unwiderlegbare und später durch andere Logiker verallgemeinerte Beweise GÖDELs machten deutlich, daß dem axiomatisch-deduktiven Denken bzw. den streng deterministischen Operationen einer Maschine grundsätzliche Grenzen gesetzt sind. GÖDELs Erkenntnisse sind, wie gesagt, nicht nur wichtig für die formale Logik und Mathe-[202]matik, sondern auch hinsichtlich der Möglichkeiten programmgesteuerter Rechenautomaten. Sie berühren allerdings nicht die Frage, inwieweit Rechenautomaten in Zukunft einzelne Sätze einer axiomatisch-deduktiven Disziplin gewinnen und nachträglich auch beweisen können.
GÖDEL wies nach, daß es in jedem einigermaßen reichhaltigen System Aussagen gibt, die zwar mit den Mitteln des Systems formuliert, aber in diesem System weder bewiesen noch widerlegt werden können. Wird dieses System erweitert, so daß der Beweis oder die Widerlegung des betreffenden Satzes möglich wird, so werden in dem erweiterten System wiederum andere Sätze dieser Art auftreten.
Die in dieser Arbeit vertretene These zum Verhältnis von Physik und Biologie, daß biologische Prozesse wohl den Gesetzen der Physik und Chemie folgen, aus ihnen allein jedoch nicht ableitbar sind, weist auf eine Situation hin, die der in der reinen Mathematik, wie sie durch GÖDELs Theorie beschrieben wird, ähnlich zu sein scheint.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

einer ‚Ethik' für seine Arbeit" (PESCHEL, **122**), die Fähigkeit besitzen würde, durch Wechselwirkung mit seiner Umwelt Struktur und Funktion zu ändern, sich zu „vervollkommnen", wie wir dies bei lebenden Organismen beobachten.

Würde die Möglichkeit der Selbstorganisation eines Systems durch Wechselwirkung mit der Umwelt und der inneren Widersprüchlichkeit für die Materie generell abgestritten, so würde damit gleichzeitig eine neuartige Form des Gottesbeweises (WASMUTH, **177**), quasi ein Analogiebeweis bewerkstelligt. Wenn der Automat für seine Selbstorganisation einen „ideellen Inhalt", ein Gütekriterium für seine Arbeit, „sozusagen eine Ethik", braucht, die ihm der Ingenieur eingibt, so braucht der lebende Organismus, und vor allem der menschliche, solche Kriterien ebenso und kann sie nur von einem „göttlichen Ingenieur" erhalten. In diese Richtung gehen auch eine Reihe von Spekulationen thomistischer Philosophen. Dagegen ist die Selbstentwicklung, die Evolution, ohne Beteiligung eines Schöpfers auf der Grundlage von Naturgesetzen das Grundprinzip des Materialismus und des materialistisch denkenden Naturwissenschaftlers.

Auf das Problem der Höherentwicklung (der Informationsvermehrung) lebender Systeme kommen wir an anderer Stelle noch ausführlich zu sprechen, vgl. S. 334 f. *Entwicklung gründet sich auf die innere Widersprüchlichkeit der Materie, die sie zur Selbstbewegung befähigt.*

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 6. Die Dialektik von Notwendigkeit und Zufall

Daß es Zufall gibt, wird heute wohl fast allgemein anerkannt, aber auch auf dieser Grundlage gibt es verschiedene Möglichkeiten der Interpretation des Charakters der Zufälligkeit:

1. Identifizierung mit dem als unwesentlich ausgezeichneten, entfernten Zusammenhang, mit Störgrößen;

2. im Sinne einer Einschränkung der Aussagemöglichkeit in hochkomplexen Systemen;

3. im Sinne einer dialektischen Einheit von Zufall und Notwendigkeit im objektiv Möglichen.

Fall 1 erweist sich als zweckmäßig u. a. bei den klassischen Methoden der Automatisierungstechnik, wie dies bei der Differenzierung zwischen abstraktem und konkretem System deutlich wird. Fall 2 ergibt sich dann, wenn zwar die Grenzen der klassischen Begriffsbildungen erkannt werden, jedoch an den alten Vorstellungen festgehalten wird, wie dies z. B. bei einer Reihe sich am Positivismus orientierender Physiker der Fall ist. Es sei hier nur bemerkt, daß solche Vorstellungen zur Leugnung der Objektivität und der Erkennbarkeit der biologischen Wirklichkeit führen. Dies bedeutet die Aufgabe des Materialismus und führt zum Postulat des Indeterminismus. Die Eigenständigkeit des Lebens gegenüber dem Automaten wird mit diesem agnostizistischen Moment begründet. So schreibt z. B. ELSASSER (**31**, S. 201): „... das Auftreten neuer Gesetze ist gegründet auf der Unmöglichkeit der experimentellen Verifizierbarkeit der Einzelheiten der mikroskopischen Struktur und Dynamik.“ Der Zufall wird hier als eine Einschränkung der Aussagemöglichkeit im hochkomplexen System verstanden; das führt zum Postulat einer prinzipiellen Erkenntnisschranke, dem von ELSASSER aufgestellten „Prinzip der endlichen Klassen“.

ELSASSER (**31**) macht in seinem Werk deutlich, daß die Zahl der Mitglieder einer Klasse in der Tat sehr groß ist, aber in keiner Weise eine immens große Zahl. Die sehr große Zahl von Mitgliedern einer Klasse erweist sich als sehr klein im Vergleich zu der immens großen Zahl möglicher Verbindungen. Es sei demnach unmöglich, die Verteilung einer immensen Zahl von Verbindungen zu studieren, wenn man nur über eine große Zahl von Individuen verfügt. Das ist es, was das „Prinzip der endlichen Klassen“ aussagt. Das entscheidende Argument gegen das Prinzip der endlichen Klassen, wie es von ELSASSER formuliert wurde, [205] ist wohl, daß wir es in der objektiven Realität meist mit Gruppenstrukturen zu tun haben, d. h., daß auf Grund von begrenzenden Bedingungen nicht alle möglichen Kombinationen verwirklicht werden. Solche Begrenzungen tragen gesetzmäßigen Charakter. Auf diese Problematik wurde schon im Abschnitt 3.1., S. 109 f., eingegangen. ELSASSER selbst macht deutlich, daß sein Prinzip auf rein kombinatorischen Überlegungen beruht. Im Prinzip werden hier die gleichen falschen Voraussetzungen gemacht, wie sie auch den Überlegungen von LECOMTE DU NOÜY zugrunde liegen, mit denen dieser die Unmöglichkeit einer natürlichen Entwicklung der Lebewesen zu begründen suchte (worauf noch im Abschnitt 10.3. eingegangen wird).

Einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption adäquat ist m. E. der dritte Standpunkt. Die Aufgabe der ontologischen Hypothese der klassischen Physik bedeutet hier in keiner Weise die Aufgabe der Objektivität der biologischen Vorgänge und ihrer Erkennbarkeit. Es bedeutet aber, und das ist das Entscheidende, die Berücksichtigung der Kategorie der Möglichkeit als einer Kategorie der objektiven Realität. Der Begriff der Wahrscheinlichkeit wird zu einer ontologischen und nicht nur gnoseologischen Kategorie. Er wird verwendet, um den Zustand eines Systems zu definieren. Dies führt zu einer neuen Form der Naturgesetzlichkeit, zu den probabilistischen Gesetzen.

Es wäre die Hypothese eines genau bestimmbaren Zustandes einer im Sinne der Automatisierungstechnik genau festgelegten Struktur aufzugeben, denn die Aussage, ein Organismus hat eine genau festgelegte Struktur, ist der Aussage, der Organismus lebt und entwickelt sich, komplementär. Auf Grund des dynamischen Zustandes des lebenden Organismus und besonders in seiner Entwicklung haben wir es immer mit einer sich in ständiger Bewegung und Veränderung befindlichen Struktur, d. h. mit *Möglichkeiten*, zu tun. Berücksichtigen wir diese Tatsache, dann ist eine Wahrscheinlichkeitsaussage über eine bestimmte, genau festgelegte

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

molekularbiologische Struktur und Dynamik innerhalb der Grenzen unserer heutigen Naturerkenntnis eine richtige Widerspiegelung der Wirklichkeit und nicht Ausdruck einer prinzipiellen Unkenntnis. Wenn der Biologe auch heute scheinbar noch nicht unbedingt gezwungen ist, probabilistische Gesetzmäßigkeiten zu berücksichtigen, so ist doch der Philosoph gezwungen, sobald er allgemeine Thesen zur Determinismuskonzeption formuliert, diese so allgemein zu halten, daß sie den Fall der Quantenphysik mit einbeziehen.

### 6.1. Zufall und Information – Zufall als Störung, als entfernter, unwesentlicher Zusammenhang

Es sind verschiedene Stufen des Eindringens der Theorie der Zufallsprozesse in die moderne Physik zu unterscheiden. Den höchsten Punkt des Eindringens der Theorie der Zufallsprozesse in die moderne Physik stellt die Quantenphysik dar.

[206] Der Begriff der Wahrscheinlichkeit wurde schon in der statistischen Thermodynamik benutzt, jedoch erst die Quantenphysik setzt ihn als fundamentalen, nicht mehr reduktiblen Begriff.

Die Wahrscheinlichkeitstheorie bzw. Theorie der Zufallsprozesse fand zunächst dort Anwendung, wo die Erscheinungen und Vorgänge durch eine große Zahl von Einzelheiten gebildet werden, so bei Massenerscheinungen, wie wir ihnen in der Thermodynamik begegnen. Die Wahrscheinlichkeit in der Häufigkeitstheorie charakterisiert reale Gesamtheiten, wobei es sich um Ensembles oder eine Vielzahl gleichzeitig existierender Objekte oder gleichzeitig existierender Verbindungen handeln kann. Es kann sich auch um das Auffinden von Redundanz handeln – Wiederholungsprozesse. Aus dem täglichen Leben ist bekannt, daß eine ganze Reihe von Vorgängen im Großen durch unregelmäßige Vorgänge im Kleinen zustande kommt. Philosophisch fand diese Tatsache schon ihren Niederschlag in der Atomistik des DEMOKRIT und LEUKIPP.

Den Bauer interessiert, daß sein Acker genügend Wasser erhält, daß Regen fällt. Ihn interessiert nicht, wie die einzelnen Tropfen fallen. Dies wäre auch außerordentlich schwierig, ja praktisch unmöglich zu erfahren, da der einzelne Tropfen von sehr vielen Größen, die sich in starker wechselseitiger Abhängigkeit befinden, beeinflußt wird. Wir wissen auch, was wir unter einem Salzkristall zu verstehen haben, auch dann, wenn wir den chemischen Zusammenhang der Elementarbausteine, das genaue Mischungsverhältnis von $Na^+$ und $Cl^-$ nicht kennen. Wir benutzen immer wieder Begriffe und Vorstellungen, die sich auf das Verhalten von Gesamtheiten (Ensembles) beziehen, ohne daß wir uns für die Einzelvorgänge interessieren, sie für eine bestimmte Aussage auch gar nicht wissen müssen, da die Erkenntnis dieses allgemeinen Zusammenhanges schon vollauf befriedigt. Beim Bau einer Talsperre rechnet man mit der mittleren Niederschlagsmenge im Jahr, ohne genau zu wissen, wann und wieviel es regnen wird.

Diese Art von statistischen Gesetzmäßigkeiten bedeutet in der Tat, daß man in der Regel das betreffende System nur unvollständig kennt, prinzipiell ist die Erkenntnis aber unbegrenzt. Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, daß sehr viele Größen in starker wechselseitiger Abhängigkeit zu berücksichtigen sind. Und doch ist die Formulierung, daß diese statistischen Gesetze Ausdruck einer unvollständigen Kenntnis des Systems seien, ungenau bzw. fehlerhaft.

Diese statistischen Gesetze beziehen sich auf Ensembles von Elementen, sie widerspiegeln die hier auftretenden allgemeinen und notwendigen Zusammenhänge, sie sind also nicht Ausdruck unserer Unkenntnis.

Mit diesem Problem hat sich insbesondere BORN (**9**) auseinandergesetzt. Er bezweifelt, ob die klassische Mechanik wirklich in dem von ihr postulierten Sinne deterministisch ist, ob sie wirklich unter allen Umständen eine eindeutige Vorherbestimmung erlaubt: „Diese Zweifel werden verstärkt“, schreibt er, „durch die Betrachtung der kinetischen Gastheorie. Dort wird gewöhnlich gesagt, daß im Prinzip der Ablauf determiniert sei und daß nur die Unkenntnis des genauen Anfangszustandes einer großen Zahl von Mole-[207]külen die Einführung

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

statistischer Betrachtungen nötig mache. Mir scheint seit langem der erste Teil dieser Behauptung äußerst verdächtig. Betrachten wir den einfachen Fall eines beweglichen kugelförmigen Moleküls, das an vielen anderen unbeweglichen elastischen anprallt (eine Art dreidimensionalen Tivoli-Spieles). Eine sehr kleine Richtungsänderung der Anfangsgeschwindigkeit muß dann im Laufe der Zickzackbewegung zu großen Bahnänderungen führen; denn eine kleine Winkelveränderung bewirkt immer größere Ortsabweichungen, und so muß es schließlich geschehen, daß eine ursprünglich getroffene Kugel verfehlt wird. Macht man die anfängliche Richtungsabweichung kleiner, so wird der Moment des Umschlages der Bahn in eine andere herausgeschoben, aber schließlich wird er doch eintreten. Fordert man Determiniertheit für alle Zeiten, so muß man jede, auch die kleinste Abweichung der Anfangsrichtung ausschließen. Hat das aber einen physikalischen Sinn? Ich bin überzeugt, daß es keinen Sinn hat, daß vielmehr Systeme dieser Art tatsächlich indeterminiert sind.“ (**19**, S. 161 f.)

Untersuchen wir ein System, so werden bestimmte Strukturaufteilungen und die dazugehörigen Beziehungen entsprechend der verlangten Aufgabenstellung oder unseres derzeitigen Standes der Naturerkenntnis als wesentlich betrachtet. Außer diesen als wesentlich angesehenen Beziehungen gibt es noch weitere Beziehungen. Das von uns besprochene Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit besagt, daß es in Wirklichkeit noch immer feinere Strukturen gibt. Wir haben also eine Abstraktion vorgenommen.

Bereiche solcher starken wechselseitigen Abhängigkeit vieler Glieder liegen ebenfalls in der Automatisierungstechnik vor und natürlich in noch erhöhtem Maße bei dem stark vermaschten Regulationsgeschehen im lebenden Organismus, worin wir die Schwierigkeiten der „biologischen Regelkunde“ sehen.

Diese Nichtbeobachtung real vorhandener Abhängigkeit führt dahin, daß alle Größen, deren Werte man beobachtet, kein absolut festlegbares Verhalten zeigen, sondern in einem gewissen Grad zufallsabhängig sind. Betrachten wir den idealen Verlauf des Falles eines Steines, wie er durch das Fallgesetz gegeben ist. Das Fallgesetz ist die Widerspiegelung eines allgemeinen wesentlichen, objektiven und notwendigen Zusammenhanges zwischen Fallzeit, Erdanziehung und Fallweg. Ist der Zufallseinfluß schwach, so tritt der notwendige Verlauf klar in Erscheinung, und wir gewinnen die Abstraktion eines im mechanischen Sinne deterministischen Geschehens, eines zufallsfreien Geschehens (abstraktes Glied oder idealer Kanal). Das ideale Bild wird kaum gestört werden. Betrachten wir jedoch das konkrete Geschehen, so sehen wir immer Schwankungen um die im Gesetz zum Ausdruck gebrachte allgemeine Notwendigkeit. Um so stärker diese Schwankungen sind, um so schwieriger wird es, das ideale Bild zu erhalten.

Im konkreten Fall haben wir es immer mit Schwankungen um die im Gesetz zum Ausdruck gebrachte Notwendigkeit zu tun, d. h., wir haben es im konkreten System nicht mehr mit dem ideal-deterministischen Vorgang, dem zufallsfreien Verlauf konkreter Größen zu tun. In anderen Worten, es tritt immer eine Degradierung der Information durch Zufallseinwirkungen auf. Der Zufall tritt hier auf als Verzerrung des zugrunde liegenden notwendigen Verlaufes, als Verzerrung des idealen Bildes.

[208] Das sagt uns, daß wir z. B. nicht erwarten können, daß, wenn bei einer Bildübertragung das Bild durch Rauschen gestört wird, ein neues, verständliches Bild entsteht. Zufällige Einflüsse, die auf eine Informationskette wirken, werden diese im allgemeinen nicht in eine andere Informationskette verwandeln, sondern sie einfach weniger verständlich machen. Das Ergebnis wird eine Zeichenfolge sein, die evtl. keine effektive Information mehr enthält – das heißt, sie wird keinen Sinn mehr haben.

ELSASSER (**31**) schreibt: „Diskussionen über Maschinen, welche die statistische Fluktuation benutzen können, wurden über ein Jahrhundert unter Physikern geführt, und es ist heute entschieden, daß auf dieser Grundlage keine Maschine gebaut werden kann.“ (**31**, S. 84.)
BRILLOUIN (**20**) hat auf Grund informationstheoretischer Argumente den Bau solcher Maschinen als unmöglich nachgewiesen. Eine Verallgemeinerung dieses Prinzips finden wir in dem Postulat: Maschinen, die Zufälligkeiten (Rauschen) in „Sinn“ (Information) umwandeln, können nicht existieren. „In der Verneinung der Möglichkeit einer Maschine, die Ordnung aus einer großen Menge zufälliger Information produziert, verallgemeinern wir die Argumente, die der statistischen Begründung des zweiten Gesetzes der Thermodynamik zugrunde liegen.“ (**31**, S. 85.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Kein Automat kann mehr sinnvoll funktionieren, wenn die in ihm zirkulierende Information keine Bedeutung mehr für ihn hat, d. h., ihm nicht mehr sagt (Programminformation), was er als nächstes tun soll. Der Automat wird außerstande sein, die durch Zufallseinwirkungen degradierte Information zu benutzen. Wäre er dazu in der Lage, so wäre er (in einem verallgemeinerten Sinne) ein Perpetuum mobile zweiter Art.

Das allgemeine Prinzip, welches wir aus der vorangegangenen Diskussion gewinnen können, besagt, daß Information durch Rauschen oder andere Zufallseinwirkungen degradiert wird. Dieses Prinzip zeigt eine auffällige Analogie zu den Erkenntnissen, die aus dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik gewonnen werden.

Vom Gesichtspunkt der Automatentheorie mag das 2. Prinzip der Thermodynamik als Spezialfall eines allgemeineren Prinzips der Informationstheorie angesehen werden. Es steht im Zusammenhang mit dem Ordnungsverlust, den ein System unter der Wirkung zufälliger Einflüsse erleidet. Diese Ordnung läßt sich dann wieder herstellen, wenn genügend Redundanz vorhanden ist. Redundanz belastet einerseits den Übertragungskanal und muß daher vermieden werden, andererseits ist Redundanz jedoch das einzige Mittel, eine zerstörte Ordnung wiederherzustellen.

Eine Grundlage für das Auftreten von Redundanz kann die Existenz von Gesetzmäßigkeiten sein, d. h., die Existenz von Regeln, nach denen ein Teil der Information, z. B. der Information $6 \times 6 = 36$ aus dem Rest, z. B. $\times 6 = 36$, ergänzt werden kann. Wir können auf Grund früherer Erfahrungen und logischer Schlüsse aus der verstümmelten Information $\times 6 = 36$ die ursprüngliche Nachricht $6 \times 6 = 36$ wiederherstellen. Wir haben zwei Seiten der Redundanz zu beobachten. Redundanz ist einmal möglichst zu vermeiden, da ein Übertragungskanal durch das Vorhandensein von Redundanz übergebührend belastet wird, auf der anderen Seite darf, wenn keine Redundanz vorliegt, [209] die Informationszufuhr auf keine Weise verringert werden. Es kann dann nicht gelernt werden, denn es kann weder auf Grund besserer Codierung die Verarbeitung der Sinneseindrücke im Nervensystem erleichtert, also die Beobachtung beschleunigt werden, noch liegt eine Regel vor, nach der aus Teilinformationen auf den Rest zu schließen wäre, also Beobachtungen eingespart werden könnten, d. h., die Information muß wiederholt werden bzw. Wiederholungen enthalten.

Die verzerrte zugrunde liegende Notwendigkeit, das ideale Bild, läßt sich durch statistische Mittelwertbildung wiederherstellen.

Mit Hilfe der Statistik ist es möglich, das Bestehen einer Naturgesetzlichkeit nachzuweisen. Ein Fernsehbild wird z. B. durch Rauschen gestört, so daß die Information unverständlich wird. Dem Mechanismus ist es nicht möglich, aus dem Rauschen die Information zu gewinnen, um das Bild zu rekonstruieren. Wird das Bild aber oft genug gesendet und wirken sich die informationsdegradierenden Einflüsse nicht immer an derselben Stelle aus bzw. wird das Bild immer nur in kurzen Abständen unkenntlich gemacht, so kann man den Sinn der Information doch herausfinden, wenn der Sender sie nur genügend oft wiederholt. Die informationsdegradierenden Einflüsse werden im allgemeinen nicht immer an der gleichen Stelle auftreten, und das gibt die Möglichkeit, das Bild nach vielen Sendungen zu rekonstruieren. Es gelingt also, den notwendigen, wesentlichen und allgemeinen Zusammenhang nachzuweisen, auch wenn die Einzelinformation unverständlich bzw. unscharf war.

Dieses Verfahren ist für die biologische Forschung besonders wichtig, denn auch hier interessieren wir uns für die allgemeinen, notwendigen Zusammenhänge, die aber unter starkem Zufallseinfluß stehen, d. h., der in einem Gesetz zum Ausdruck gebrachte allgemeine und notwendige Zusammenhang tritt nur schwer hervor. Da wir uns ja gerade hier in einem Bereich starker wechselseitiger Abhängigkeiten einzelner Größen von vielen anderen Größen befinden und viele beeinflussende Faktoren noch nicht bekannt sind, so müssen wir gerade hier mit einem starken Schwanken um den im Gesetz zum Ausdruck gebrachten Verlauf auf Grund starker Zufallseinwirkungen rechnen. In der Tat ist der Biologe immer gezwungen, seine Meßreihen zu wiederholen und die erhaltenen Resultate statistisch auszuwerten, um die Zufallseinwirkung in gewisser Weise zu eliminieren. Damit tritt ein neuer Typ von Gesetz-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

mäßigkeiten – die sogenannten statistischen bzw. stochastischen Gesetze – immer stärker in den Vordergrund. Sie beziehen sich auf Gesamtheiten (Ensembles) oder Folgen von Ereignissen. Ein stochastischer Prozeß ist eine Folge von Ereignissen, die durch zufällige Zeitintervalle getrennt sind. Es ist jedoch möglich, für sie ein Durchschnittsintervall, ein Muster, zu finden, dem sich die Intervalle bei genügender Häufigkeit und auf lange Sicht angleichen.

Ist man in der Lage, mehrere Signalabschnitte, die die gleiche Information tragen, zu empfangen, so kann man mit Hilfe statistischer Methoden den Zufallseinfluß herabsetzen. Zu solchen Methoden gehört das Korrelations-[210]verfahren (Periodizitätsnachweis, Laufzeitselektion), die Ermittlung von Signalparametern mit Hilfe der sogenannten Ausgleichsrechnung und bei unter gleichen Bedingungen aufgenommenen Signalabläufen die synchronisierte Überlagerung zu verschiedenen Zeiten.

Für unsere Betrachtung ist nun wichtig, daß hier der Zufall als unwesentliche Größe, als Störgröße angesehen wird, die im allgemeinen unvorhersehbare Veränderungen in den Zeitverläufen der wesentlichen Größen bewirkt. Er stört die im Gesetz zum Ausdruck gebrachte Notwendigkeit, das ideale Bild wird verfälscht. Diese Verfälschung läßt sich in erster Näherung als Überlagerung der Funktion s (t), die den gesamten Zufallseinfluß repräsentiert, auffassen. Das ideale Bild, die im Gesetz zum Ausdruck gebrachte Notwendigkeit, wird wiederhergestellt, indem man die gesendete Nutzinformation mit Redundanz versieht bzw. wiederholt, einen Zeitverlauf des Nutzsignals sendet, in dem die gleiche Nutzinformation eingelagert ist.

An dieser Stelle wollen wir jedoch schon darauf hinweisen, daß es im Zusammenhang mit der Interpretation der Quantenmechanik nicht mehr möglich ist, *das Gesetz in der Weise zu verstehen, daß es allein die Kategorie der Notwendigkeit enthält,* daß es nur die wesentlichen Seiten der Einzelprozesse ausdrückt und von ihrem zufälligen Verhalten abstrahiert. Hier bezieht sich das Gesetz auf das objektiv Mögliche, als der dialektischen Einheit von Notwendigkeit und Zufall. WIENER hebt hervor: „Der große Beitrag HEISENBERGs zur Physik war der Ersatz dieser noch Quasi-Newtonschen Welt von GIBBS durch eine, in der Zufallsprozesse in keiner Weise auf eine Vereinigung determinierter Zeitabläufe zurückgeführt werden können. In der Quantenmechanik bestimmt die gesamte Vergangenheit eines individuellen Systems nicht die Zukunft dieses Systems in irgendeinem absoluten Sinne, sondern lediglich die Verteilung der möglichen zukünftigen Zustände des Systems.“ (**185**, S. 142.)

Erst hier ist die klassische Determinismuskonzeption grundsätzlich überwunden, und es muß eine wirklich neue Determinismuskonzeption ausgearbeitet werden. Die Ansätze dazu finden wir bei HEISENBERG mit der Herausarbeitung der Begriffe der Möglichkeit, der potentiellen Wirklichkeit und des Faktischen.

Daß diese Gedanken zu einer neuen Determinismuskonzeption auch für das Verständnis des Lebensgeschehens wesentlich werden können, sollen noch folgende Überlegungen zu der Problematik Information und Rauschen bzw. Zufall nur als Störung, Zufall als unwesentlicher entfernter Zusammenhang, deutlich machen. Sie werden in unserer späteren Diskussion der Entwicklungsproblematik von grundlegender Bedeutung sein.

Es ist ein Grundprinzip, das einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption immanent sein muß (aber doch nicht immer in voller Klarheit ausgeführt wird), daß die Kategorien des Determinismus, also des allgemeinen Zusammenhangs, gleichzeitig Kategorien der Entwicklung, des Entwicklungszusammenhanges sind. Wenn das Kausalprinzip nur mit dem Prinzip des allgemeinen Zusammenhangs verbunden wird und nicht gleichzeitig [211] mit dem Entwicklungsprinzip, auch dann hat die Kausalität einen mechanistischen Charakter. Kausalität, sowohl als eine Form des Zusammenhangs als auch ein Moment der Entwicklung, bedeutet nicht, daß beide Bestimmungen für den Charakter der Kausalität gleich wesentlich sind. Kausalität ist primär eine Form des Zusammenhangs, und zwar des unmittelbaren Zusammenhangs

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

zwischen den Dingen und Erscheinungen. Die Erkenntnis, daß sie aber auch Kategorie der Entwicklung ist, weist darauf hin, daß die *Kategorie des Neuen* einen entscheidenden Platz in einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption haben muß. *Eine Determinismuskonzeption, die explizit oder implizit die Entstehung von Neuem nicht berücksichtigt oder in ihrer Konsequenz ausschließt, muß aus dieser Sicht von vornherein zurückgewiesen werden.*

*Der gesetzmäßige Zusammenhang kann sich nicht allein auf den notwendigen Zusammenhang beschränken*. Ohne eine wirklich dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall bleibt das Entstehen von Neuem unverständlich, kann es bestenfalls eine Entfaltung, eine Transformation des an sich schon Vorhandenen geben. Eine dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption muß, um die Entstehung von Neuem berücksichtigen zu können, vor allem die Existenz des objektiven Zufalls anerkennen. Das bedeutet, daß die Existenz des Zufalls anerkannt wird, nicht nur als ein Ergebnis unserer Unkenntnis des an sich doch allein notwendigen Geschehens, aber auch nicht nur als störendes Moment als Rauschen. Die Betrachtung von Störung bzw. Rauschen ist erst das Erfassen des Kampfes zwischen Zufall und Notwendigkeit, aber noch nicht ihrer Einheit. Die Existenz von Speichern im Organismus (Glykogen in der Leber eines Organismus, Vorratslager in der Gesellschaft) ist die indirekte Anerkennung der objektiven Existenz des Zufalls, denn sie gibt die Möglichkeit, seine Einwirkungen, seinen zerstörenden Einfluß zu überwinden, es ist aber noch nicht die Einheit, *die ihn auch als aufbauendes Element erfassen muß*, ohne das wirklich Neues nicht entstehen kann. Die Formulierung vom Zufall als der Erscheinungsform der Notwendigkeit ist irreführend, wenn man nicht das Moment des Wesentlichen im Zufall sieht, sondern nur Erscheinung, wenn man LENINS (**94**, S. 188) Bemerkung übersieht: „Das Wesen erscheint. Die Erscheinung ist wesentlich." Von dem Gesichtspunkt, daß der Zufall einen Teil des Wesens der Naturwirklichkeit – und das Wesen der Natur ist Gesetz – in sich trägt, wird deutlich, daß die absolute Trennung zwischen Rauschen und Information, wie sie bei den Informationstransformatoren vorliegt, eine Abstraktion ist, die den mechanistischen Denkgewohnheiten entspricht.

Wir sagten wiederholt, daß einer Reihe von Physikern durchaus die Begrenzung dieser Konzeption, die eine Trennung zwischen Information und Rauschen voraussetzt, bewußt ist, daß sie aber auf Grund ihrer Orientierung am Positivismus nicht zu einer echten Überwindung gelangen. Sie gelangen u. a. auf die Position, die wir als zweite kennzeichneten, hier wird der Zufall verstanden als eine Einschränkung unserer Erkenntnis, unserer Aussagefähigkeit über ein System.

[212] Wir wollen zunächst versuchen zu begründen, wo die Wurzeln einer solchen Haltung liegen. Das Ziel der Wissenschaften ist die Aufdeckung objektiver Gesetzmäßigkeiten. Der Mechanismus nahm eine spezielle Form der Gesetzmäßigkeit als allgemeingültig an. Er nahm an, daß es allein Gesetzmäßigkeiten gibt, die den Charakter der Notwendigkeit tragen. Das fand u. a. Ausdruck in der Annahme, daß in der Natur unter gleichen Bedingungen immer wieder das gleiche geschieht. Die klassische Auffassung vom Gesetz verlangte eine eindeutige Festlegung des zukünftigen Zustandes eines Systems durch den gegenwärtigen Zustand. Bei dem einfachen Beispiel eines einzelnen Massepunktes ist durch die meßbaren Größen der Ortskoordinaten x, y, z und die Geschwindigkeit sowie durch das jeweils wirkende Kraftgesetz der Zustand des Systems durch Angabe dieser Werte vollständig beschrieben. Wenn es dem Laplaceschen Geist gelingen sollte, durch eine mehr oder weniger große Zahl von Messungen den momentanen Zustand der Welt genau zu bestimmen, sollte er in der Lage sein, die zukünftige Entwicklung aus den Meßdaten abzulesen. Solchen dynamischen Gesetzmäßigkeiten stehen, vom klassischen Standpunkt her gesehen, statistische Gesetzmäßigkeiten gegenüber. Die erste Einbeziehung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in die Physik wurde durch die von BOLTZMANN und GIBBS begründete statistische Theorie der Wärme vollzogen. Die Deutung des Entropiesatzes zeigte, daß die Wahrscheinlichkeitstheorie einen fe-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sten Platz im physikalischen Denken haben muß. Beim zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist der Wahrscheinlichkeitsbegriff bereits ein fester Bestandteil der Formulierung wissenschaftlicher Gesetze. Die kinetische Wärmetheorie trägt objektiv statistischen Charakter. Doch sei hier nochmals hervorgehoben, daß sie damit nicht das Bestehen eines im klassischen Sinne strengen Determinismus leugnete. Man zweifelte nicht daran, daß die Bewegung der Moleküle in einem Gas den Gesetzen der Mechanik folgt und damit mechanisch determiniert verläuft. Die statistische Beschreibung sei nur ein Ergebnis unserer mangelnden Kenntnis des Systems. Diese Schlußfolgerung ist nicht richtig, wie u. a. KORCH hervorhebt: „Statistische Gesetze charakterisieren Gesamtheiten von Elementen, und sie verknüpfen die Zustände dieser Gesamtheiten. Als ein wesentlicher, notwendiger, allgemeiner und wiederholbarer Zusammenhang, der sich auf Gesamtheiten bezieht, verwirklicht sich das statistische Gesetz in einer großen Zahl in der Regel gleichartiger Objekte und Vorgänge und nicht in jeder einzelnen Erscheinung. Es erfaßt die Bewegungen der Elemente nicht in ihrer jeweiligen Individualität, sondern nur als Mittelwert. Wenn wir dynamische Gesetze als gültig bezeichneten für Klassen von einzelnen Vorgängen und Erscheinungen, so gelten statistische Gesetze für Klassen von Gesamtheiten, die eine diskrete Struktur besitzen.“ (**85**, S. 222-223.)

KORCH sagt, daß das statistische Gesetz grundsätzlich für die Gesamtheit gilt. Dann bleibt, das ist hier durchaus richtig, immer noch die Frage offen nach den zugrunde liegenden Einzelprozessen. Der zeitlichen Änderung von Zuständen eines materiellen Systems, das sich mit der Umgebung in ein-[213]geschränkter Wechselwirkung befindet, liegt das dynamische Gesetz zugrunde. Es ist ferner richtig hervorzuheben, daß, auch wenn es gelingt, die den statistischen Erscheinungen zugrunde liegenden Einzelprozesse in den sie bestimmenden dynamischen Gesetzmäßigkeiten zu erfassen, damit nicht die statistischen auf die dynamischen reduziert werden können, da sich beide, dynamische und statistische Gesetzmäßigkeiten, auf unterschiedliche Sachverhalte beziehen. Damit unterscheiden wir zwei Typen von Gesetzen, von denen jedes seine eigene Qualität hat. Das ist heute der unter marxistischen Philosophen fast allgemein anerkannte Standpunkt. Wir müssen jedoch m. E. noch einen Schritt weitergehen. *In der Quantenmechanik charakterisiert der Wahrscheinlichkeitsbegriff nicht nur die Objektivität sogenannter Massenerscheinungen, z. B. Teilchengesamtheiten, sondern die objektiven Möglichkeiten einzelner Quantenobjekte. In der Physik sind verschiedene Stufen des Eindringens der Theorie der Zufallsprozesse zu berücksichtigen. Wir hätten damit auch einen 3. Typ von Gesetz, die probabilistischen Gesetze.*

Im Unterschied zu den statistischen Gesetzen, z. B. denen der Thermodynamik, beziehen sich die probabilistischen Gesetze *auf das einzelne Objekt* in seiner Widersprüchlichkeit und seinen Wechselbeziehungsmöglichkeiten. Die innere Widersprüchlichkeit des Elementarobjektes und seine intensive Wechselwirkung mit der Umgebung sind die Grundlage für das Primat der Statistik bzw. Probabilistik in der Quantenmechanik. Da sich diese statistischen Gesetze nicht auf Gesamtheiten, sondern auf Einzelobjekte beziehen, wird die Frage nach den zugrunde liegenden Einzelprozessen gegenstandslos. *Erst hier in der Anwendung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs auf Einzelprozesse wird der mechanische Determinismus wirklich endgültig überwunden.*

Indem deutlich wird, daß es noch einen 3. Typ des Gesetzes gibt, wird auch klar, daß Gesetze, die allein den Charakter der Notwendigkeit tragen, nicht die einzige Form der Gesetzmäßigkeit in der Natur sind. Die Formulierung des Gesetzes, daß unter gleichen Bedingungen mit Notwendigkeit immer das gleiche geschieht, ist eine zu enge Auffassung von der in der Natur herrschenden Gesetzmäßigkeit, es ist nur eine ganz spezielle Art von Ordnung. Wir können in der Natur noch eine andere Art von Gesetzmäßigkeit bzw. Ordnung feststellen. Statt daß aus den gleichen Anfangsbedingungen immer dieselbe Reihe von Folgezuständen hervorgeht, können aus dem gleichen Anfangszustand verschiedene Vorgänge entstehen. Doch folgen die zu dem-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

selben Anfangszustand gehörigen Vorgänge immer derselben Statistik. *Es liegt also durchaus ein gesetzmäßiger Zusammenhang vor und keine* „*Willkür*“, „*Willensfreiheit*“, *unergründbare Spontaneität usw*. Es liegen jedoch Gesetzmäßigkeiten vor, die nicht allein die Kategorie der Notwendigkeit, sondern die der Möglichkeit enthalten. Solche Gesetze wollten wir im Unterschied zur klassischen Statistik probabilistische Gesetze nennen.

Bringen wir in einer großen Zahl von Versuchen ein abgeschlossenes materielles System immer wieder in den gleichen Anfangszustand bzw. nehmen wir an, daß sich eine Klasse von Gehirnen oder Blutzellen im gleichen Anfangszustand befindet und beobachten dann, was geschieht. Dann wird man bemerken, daß nicht jedesmal das gleiche, sondern [214] vielfach etwas anderes eintritt. Eine Gesetzmäßigkeit im vorangegangenen Sinne, die alle in die Kategorie der Notwendigkeit enthält, liegt dann nicht vor. Aus 1000 oder mehr Versuchen kann man aus den Versuchsergebnissen eine Statistik gewinnen, aus der man entnehmen kann, zu welchem Bruchteil der Versuchsausgänge dieses oder jenes geschehen ist. Mit dieser Feststellung ist jedoch auch noch kein Gesetz gewonnen. Erst wenn wieder einige Versuchsserien mit 1000 oder mehr Versuchen durchgeführt werden und die gewonnenen Statistiken mit der ersteren und den folgenden übereinstimmen, kann man annehmen, daß eine statistische Ordnung in der Natur besteht. Wenn sich aus den folgenden Versuchsserien eine andere Statistik ergibt, ist der Vorgang noch nicht voll erfaßt oder es liegt hier kein gesetzmäßiger Zusammenhang vor.
Wir können nicht sagen, daß das Wahrscheinlichkeitsgesetz die Ordnung in der Natur weniger prinzipiell ausdrückt, auch wenn wir aus dem gegebenen Anfangszustand des Systems nicht mehr mit absoluter Sicherheit voraussagen können, es werde dieses oder jenes geschehen. Die statistische Deutung ermöglicht nur noch die Angabe des wahrscheinlich künftigen Zustandes eines Elementarobjektes. *Auch bei unserer Problematik ist nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage über die Existenz einer genau festgelegten mikroskopischen Zusammenfügung* (*Grundstruktur*) *möglich*. Wenn wir aber 1000mal oder mehrmals ein Gehirn oder eine Bakterienzelle oder ein anderes biologisches System in den gleichen Zustand bringen, so wird man soundso oft dieses und soundso oft jenes beobachten.

Diese Unterscheidung zwischen klassischer Statistik und Probabilistik hat die Annahme der Anwendbarkeit von Wahrscheinlichkeitsgesetzen auch auf Einzelprozesse zur Voraussetzung. Sie sind dann Ausdruck der inneren Widersprüchlichkeit der zur Selbstbewegung befähigten Materie. Weithin ist jedoch die Auffassung verbreitet, daß statistische Gesetze nur für Gesamtheiten von Objekten gelten. Bei dieser Interpretation wäre dann die Unbestimmtheitsrelation in der Tat eine prinzipielle Erkenntnisschranke, die uns grundsätzlich die Erkenntnis der zugrunde liegenden Einzelprozesse verwehrt.

### 6.2. Zufall als Begrenzung der Aussagefähigkeit über ein komplexes System

Die Vorstellung, daß jede Zufälligkeit durch Gewinnung von mehr Information beseitigt werden könne, wird heute weitgehend fallengelassen. Man kommt immer mehr zu der Erkenntnis, daß dies nicht möglich ist. Die Unmöglichkeit, den Zufall zu beseitigen, kann jedoch unterschiedlich begründet werden. Eine sehr weit verbreitete Begründung ist, daß der Beschaffung weiterer Informationen eine prinzipielle Grenze gesetzt sei. Dadurch sei es nicht möglich, die an sich zu überwindende Zufälligkeit zu beseitigen. Es ist offensichtlich, daß hier im Grunde die alte Konzeption vorausgesetzt bleibt, da sie aber hier versagt, ist man zur Erklärung dieses Tatbestandes gezwungen, bestimmte Erkenntnisgrenzen anzunehmen. So kann das zukünftige Verhalten eines Systems nicht mit voller Bestimmtheit vorausgesagt werden, wenn seine Analyse die intellektuellen Fähigkeiten des Analysators über-[215]schreitet. Man war immer schon bereit zuzugeben, daß der Mensch nicht in die Lage des Laplaceschen Geistes kommen wird, prinzipiell jedoch sollte es möglich sein. Was jetzt nachzuweisen versucht wird, ist, daß es nicht nur eine subjektive, sondern eine objektive, d. h. nicht vom Erkenntnisstand oder vom jeweiligen Stand der Meßinstrumente abhängige Erkenntnisgrenze geben soll. Als eine solche werden die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation und neuerlich die hohe Komplexität lebender und gesellschaftlicher Systeme angeführt.

Wir sind dagegen der Auffassung, daß der Zufall, die verschiedenen einander ausschließenden Möglichkeiten, objektiv existiert und nicht ein Ergebnis der Begrenzung unserer Aussagefähigkeit über das System ist.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Es ist aber interessant und für unsere weitere Auseinandersetzung nützlich, einmal unter diesem, von unserem Standpunkt aus an sich falschen Gesichtspunkt unsere bisherigen Aussagen über verschiedene Systeme zusammenzufassen. Diese Schematisierung ist, wenn man sich nicht auf Einzelheiten festlegen will, im Prinzip für die Auffassung all der Wissenschaftler charakteristisch, die sich von der geschilderten erkenntnistheoretischen Grundhaltung leiten lassen.

Kriterium der Einteilung ist der Genauigkeitsgrad, den unsere Beschreibung der kausalen Zusammenhänge erreicht hat, d. h., Einteilungskriterium ist die Voraussagbarkeit bestimmter Zustände.

1. Voraussagbarkeit von Einzelprozessen ist subjektiv und objektiv möglich:

Bereich der klassischen Physik
Bereich der einfachen Automaten
} mechanischer Determinismus

2. Voraussagbarkeit von Einzelprozessen ist objektiv möglich, jedoch subjektiv unmöglich:

Bereich der Thermodynamik
Bereich der höheren Automaten
} klassischer Determinismus im Prinzip nicht überwunden

3. Voraussagbarkeit von Einzelprozessen ist subjektiv und objektiv unmöglich:

Bereich der Quantenphysik
Bereich der hochkomplexen lebenden Systeme
} Indeterminismus

Im ersten Fall kann das zukünftige Verhalten eines Systems von einem Beobachter bei vollständiger Kenntnis der Anfangs- und Randbedingungen mit absoluter Bestimmtheit vorhergesagt werden. Wenn das System abgeschlossen und streng im mechanischen Sinne determiniert ist, ist die Voraussagbarkeit des Verhaltens objektiv und auch subjektiv möglich.

Wenn nun im Falle 2 gesagt wird, daß bei diesen Systemen die Voraussagbarkeit von Einzelprozessen zwar objektiv möglich, aber subjektiv unmöglich ist, so muß man sich verdeutlichen, daß es in der Tat eine ganze Reihe von Erscheinungen gibt, die man für zufällig hält, die es jedoch objektiv nicht sind. So hält man z. B. das Ergebnis eines Würfelspiels für zufällig; jedoch [216] würden sehr genau gearbeitete Würfel mit genau vorgegebenen Anfangsbedingungen auf eine ideal glatte Unterlage geworfen, dann könnte man im Prinzip nachweisen, daß auch das Würfelspiel ein streng determinierter Vorgang ist. Allein der Mangel an Information über Anfangs- und Randbedingungen täuscht uns die Zufälligkeit vor.

Allerdings ist darauf hinzuweisen, daß die Determiniertheit der klassischen Physik eine Idealforderung ist, die zutreffend wäre, wenn man statt eines Körpers einen nicht ausgedehnten Massenpunkt betrachten würde; daher machte BORN wiederholt darauf aufmerksam, daß man selbst im Bereich der klassischen Mechanik mit der objektiven Zufälligkeit rechnen muß, der Zufall also nicht nur vorgetäuscht wird (**19**).

Wir können also feststellen, daß es durchaus Systeme gibt, die sich im wesentlichen nur für den sie untersuchenden Menschen als nicht im mechanischen Sinne determiniert erweisen, daß jedoch ein idealer Beobachter in der Lage wäre nachzuweisen, daß diese Systeme in

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wirklichkeit streng determiniert sind. In diesem Zusammenhang hebt STEINBUCH hervor, daß es dem Menschen auch nicht gelingen würde, Aussagen über das zukünftige Verhalten eines Systems zu machen, das aus zehn Milliarden elektrischer Relais besteht, die in unbekannter und unsystematischer Weise miteinander verbunden sind, und dies auch dann nicht, wenn die Funktionen aller Relais im mechanischen Sinne determiniert sind. Das heißt also, obwohl das System im strengen Sinne determiniert ist, kann sein Verhalten nicht genau vorausgesagt werden, da die Komplexität des zu untersuchenden Systems die intellektuellen Fähigkeiten des Analysators übersteigt. Daher sagten wir, daß hier die Voraussagbarkeit von Einzelprozessen wohl objektiv möglich, jedoch subjektiv unmöglich ist.

Im Falle 3 wird nun davon ausgegangen, daß die Ergebnisse der modernen Wissenschaften zeigen, daß dem idealen Beobachter grundsätzliche Grenzen gesetzt sind.

Voraussagbarkeit von Einzelprozessen im Sinne des mechanischen Determinismus ist im Bereich der Quantenphysik objektiv auf Grund der Unbestimmtheitsrelation nicht möglich.

Im Bereich der lebenden hochkomplexen Systeme sei dies objektiv nicht möglich:

1. auf Grund der Unbestimmtheitsrelation,
2. auf Grund der Entropie bei Messungen,
3. auf Grund des Prinzips der endlichen Klassen.

Während also bei den höheren endlichen Automaten nur die Vielzahl der Teile und Verbindungen, wie in der statistischen Mechanik, es subjektiv unmöglich macht, sie im einzelnen zu bestimmen, soll es nun in diesen Bereichen grundsätzlich nicht möglich sein.

Objektiv heißt hier soviel wie – nicht durch den momentanen Stand der Meßtechnik bedingt.

[217] Die Existenz von Wahrscheinlichkeitsgesetzen, die Unmöglichkeit, den Zufall zu beseitigen, wird hier begründet mit der These, daß der Beschaffung weiterer Informationen prinzipielle Grenzen gesetzt sind. Die alte Konzeption bleibt im Grunde vorausgesetzt; da sie versagt, ist man gezwungen, irgendwelche prinzipiellen Einschränkungen unseres Erkenntnisvermögens anzunehmen, wie z. B. das Prinzip der endlichen Klassen.

Eine ganze Reihe von Physikern und Kybernetikern, wie ELSASSER, HEISENBERG, BORN, VON WEIZSÄCKER, WIENER, ASHBY, STEINBUCH, WIESER und andere, sprechen von Indeterminismus in der Quantenphysik. Viele von ihnen unterstreichen die Bedeutung des Indeterminismus für die theoretische Biologie. Hier muß genau differenziert werden, wer über Indeterminismus schreibt und was mit dem Begriff ausgesagt werden soll.

WIESER spricht von einem in Maschinen nachgebauten Prinzip der Indetermination und meint dabei ganz offensichtlich nur die Tatsache, daß es gelingt, durch die Vervielfältigung der inneren Kopplungen in einem technischen System wie dem Homöostaten von ASHBY oder den künstlichen Tieren von WALTER den Zufall als konstruktives Moment zu benutzen. Er schreibt weiterhin unter Hinweis auf Ausführungen von ASHBY, „daß gewisse Verhaltensweisen von Lebewesen den Eindruck machen, als ob es in ihren Steuerzentren ein indeterminiertes Element gäbe“ (**186**).

Die Benutzung des Begriffs Indeterminismus ist vom philosophischen Verständnis des Begriffes sicherlich falsch. Er wird aber nur in der Bedeutung benutzt, daß im Gegensatz zur mechanistischen Determinismuskonzeption, die keinen Zufall und keine Möglichkeit kannte, „hier zufällige Elemente“ auftreten. Diese Begriffsbenutzung leugnet nicht jegliche Gesetzmäßigkeit. Im Gegenteil, es wird meist hervorgehoben, daß die Wahrscheinlichkeitsgesetze in keiner Weise so zu betrachten seien, als ob sie die in der Natur bestehende Ordnung weniger prinzipiell oder mit geringerer Genauigkeit ausdrückten.

Schwieriger ist es zu entscheiden, in welchem Sinne der Begriff des Indeterminismus benutzt wird bei Physikern wie ELSASSER, der sich bedingt zum logischen Positivismus bekennt oder bei VON WEIZSÄCKER, der zeitweise gewisse neukantianistische Standpunkte vertrat.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Aber auch VON WEIZSÄCKER leugnet nicht, daß Gesetzmäßigkeiten in der Quantenphysik existieren, daß diese Gesetzmäßigkeiten so beschaffen sind, daß sie im Grenzfall der klassischen Physik zum mechanischen Kausalprinzip führen.

Der entscheidende Punkt der Auseinandersetzung besteht jedoch m. E. darin (und das ist das eigentlich Entscheidende und nicht der Streit um Worte), daß ELSASSER, VON WEIZSÄCKER und andere die *Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik vom Gesichtspunkt der klassischen Physik aus sehen*. *Dadurch werden die Gesetze der Quantenphysik zu subjektiven Gesetzmäßigkeiten, die durch unsere beschränkte Kenntnis bedingt sind*. Dies wird z. B. deutlich bei VON WEIZSÄCKER, indem er die Begriffe der klassischen Physik als a priori für die Quantenphysik erklärt (vgl. auch HEISENBERG, **50**, S. 70).

[218] VON WEIZSÄCKER relativiert allerdings die Auffassungen KANTS vom Apriori. Er schreibt: „Zunächst haben Begriffe, die von KANT absolut gemeint waren, einen eigentümlichen Relationscharakter bekommen. Eine Erkenntnis a priori soll nach KANT nicht nur Voraussetzung, sondern auch Bestandteil jeder möglichen, auf ihr Objekt bezüglichen Wissenschaft sein. Die Aprioritäten der klassischen Physik aber sind zwar methodische Voraussetzung, aber nicht inhaltlicher Bestandteil der Quantenmechanik; oder genauer, inhaltlicher Bestandteil nur insoweit, daß die klassische Physik ein Grenzfall der Quantenmechanik bleibt. Sie werden zwar nicht falsch, aber – eine von KANT nicht vorausgesehene Möglichkeit – in der Anwendbarkeit beschränkt.“ (**181**, S. 107.)
Aus dem Zitat geht hervor, daß keine bestimmte Anzahl apriorischer Erkenntnisse festgelegt werden soll, sondern die klassische Mechanik ist gegenüber der Quantenmechanik a priori methodische Voraussetzung. Methodische Voraussetzungen sind damit auch die Anschaulichkeit, das klassische *Kausalitätsprinzip*, euklidische Geometrie usw.
„Die Mechanik ist das methodische Apriori der Elektrodynamik, und die ganze klassische Physik dasjenige der Quantentheorie“ (**181**, S. 111), schreibt VON WEIZSÄCKER und hebt an anderer Stelle hervor: „Indem ‚a priori‘ so zu einem Relationsbegriff wird, bestehen keine Bedenken, eine Erkenntnis, die in bezug auf eine zweite a priori ist, unter einem anderen Aspekt gleichwohl als empirisch zu bezeichnen. Zum Beispiel ist ja die klassische Physik selbst anhand der Erfahrung entstanden. In ihr gibt es wiederum Verhältnisse, die dem Verhältnis ähnlich sind, das sie zur Quantenmechanik hat; z. B. setzt die Elektrodynamik die Mechanik methodisch voraus. Die klassische Mechanik selbst ist wiederum nicht rein empirisch oder rein a priori.“ (**181**, S. 110 f.)

Der Begriff des Apriori erfährt hier eine wesentliche inhaltliche Umdeutung, so daß er nicht mehr im Kantschen Sinne zu verstehen ist. Ein solcher Begriff des „relativen apriori“ hat sicher seine Berechtigung. Der Begriff des „relativen apriori“ wird z. B. von KLAUS (**76**) m. E. sehr treffend gegenüber positivistischen Entstehungen der „Black-box-Methode“ verwendet, indem er deutlich macht, daß ein Wissenschaftler niemals als erkenntnistheoretischer Robinson seinem Forschungsgegenstand gegenübertritt. Es wird und es muß auch immer die vorherige Kenntnis des Wissenschaftlers über den Gegenstand als „relatives apriori“ in die experimentelle Tätigkeit des Forschers mit eingehen. In diesem Sinne kann auch die These VON WEIZSÄCKERs als eine gewisse Kritik an positivistischen Auffassungen verstanden werden. Sie wird aber dann fehlerhaft, wenn die These des „relativen apriori“ (das jetzt nicht mehr inhaltlicher Bestandteil einer Wissenschaft, sondern methodische Voraussetzung darstellt) zu der Auffassung führt, man könne die Gesetze der Quantenphysik grundsätzlich nur vom Gesichtspunkt der klassischen Physik her verstehen.

„An dieser Stelle müssen wir uns darüber klar werden“, schreibt HEISENBERG, „daß, wie VON WEIZSÄKKER es formuliert hat, ‚die Natur früher ist als der Mensch, aber der Mensch früher als die Naturwissenschaft‘. Der erste Teil des Satzes rechtfertigt die klassische Physik mit ihrem Ideal der vollständigen Objektivität. Der zweite Teil erklärt uns, warum wir dem Paradoxon der Quantentheorie nicht entgehen können; warum wir nämlich nicht der Notwendigkeit entgehen können, die klassischen Begriffe zu verwenden.“ (**50**, S. 39.)
An anderer Stelle schreibt HEISENBERG: „Die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie beginnt mit einem Paradoxon. Jedes physikalische Experiment, gleichgültig, ob [219] es sich auf Erscheinungen des täglichen Lebens oder auf die Atomphysik bezieht, muß in den Begriffen der klassischen Physik beschrieben werden. Diese Begriffe der klassischen Physik bilden die Sprache, in der wir die Anordnung unserer Versuche angeben und die Ergebnisse festlegen.“ (**50**, S. 28.)
Wir haben gesehen, daß VON WEIZSÄCKER das Apriori dadurch erhalten will, daß es jetzt nicht mehr inhaltlicher Bestandteil einer Wissenschaft, sondern methodische Voraussetzung derselben sei. So auch das Kausal-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

prinzip; nach VON WEIZSÄCKER gilt es nur in der klassischen Physik und ist somit jedoch methodische Voraussetzung der Quantenmechanik, a priori, als bloße Anschauungsform.
Kausalität gehört also für ihn allein dem Bereich der klassischen Physik an. Er sagt: „Der Physiker erforscht die Dinge der Außenwelt. Er gewinnt von ihnen Kenntnis nur vermittels der sinnlichen Erfahrung. Somit ist jede Kenntnis, die wir überhaupt von den Dingen erhalten, anschaulich; und damit aus ihr überhaupt eindeutig geschlossen werden kann, muß sie in einem kausalen Zusammenhang stehen. Dies wissen wir a priori, d. h. unabhängig von dem einzelnen Erfahrungsakt. Anschaulichkeit und Kausalität sind aber zunächst noch vage Ausdrücke. Ihren exakten Sinn bekommen sie erst im Begriffssystem der klassischen Physik. Für den heutigen Physiker, der weiß, daß er jede Erfahrung in der Sprache der klassischen Physik formulieren muß, ist de facto die gesamte klassische Physik a priori. Dies wird an keinem Beispiel so deutlich, wie an dem der quantenmechanischen Dualismusexperimente, denn diese legen den Grund zu einer nichtklassischen Theorie, lediglich durch klassisch interpretierte Meßresultate.“ (**181**, S. 104.)

Erinnern wir uns an dieser Stelle nochmals der subjektivistischen Interpretationen der verschiedenen Sachverhalte. Das Elementarteilchen kann als Welle oder als Korpuskel in Erscheinung treten, beide klassischen Begriffe schließen sich gegenseitig aus. Dieser Sachverhalt wurde nicht auf die innere widerspruchsvolle Natur des Elementarteilchens selbst, sondern auf die Beziehung zwischen atomarem Gegenstand und makroskopischem Meßinstrument zurückgeführt. Die Meßresultate sind nur klassisch, d. h., entweder mit dem Wellenbild oder mit dem Korpuskelbild zu interpretieren. Was das Elementarteilchen wirklich ist, könnten wir daher nie erfahren. Die verschiedenen Möglichkeiten, die quantenphysikalische Gesetze offenlassen, wurden nicht als objektiv aufgefaßt, sondern vom subjektivistischen Standpunkt ebenfalls durch eine einseitige Betonung der Beobachtung interpretiert. Wenn man wissen will, welche Möglichkeit im Einzelfall realisiert worden ist, muß erneut ein Experiment durchgeführt werden, dabei muß mit bestimmten physikalischen Mitteln in das Geschehen eingegriffen werden, so daß nicht beobachtet werden kann, was wirklich war, sondern nur das, was durch den Eingriff entstanden ist. Welche dieser Möglichkeiten also verwirklicht worden war, ist auf Grund einer prinzipiellen Erkenntnisgrenze nicht zu beantworten. Was hier versucht wird, ist, durch das Plancksche Wirkungsquantum oder durch das Prinzip der endlichen Klassen bzw. überhaupt durch die Überbetonung der Rolle der Beobachtung eine prinzipielle Scheidewand zwischen der Erscheinung und dem „Ding an sich“ zu ziehen, wobei noch das „Ding an sich“ gestrichen wird und die Erkenntnis des Wesens der objektiven Realität als unmöglich bezeichnet wird. Zu diesen agnostizistischen und subjektivistischen Auffassungen gelangt man, weil die [220] klassischen Begriffe weiterhin vorausgesetzt werden. Sie versagen hier, so daß die Gesetze der Quantenphysik zu subjektiven Gesetzen werden. Für den Materialismus existiert die Welt „an sich“ objektiv, d. h. außerhalb unseres Bewußtseins, unabhängig von der Erkenntnis. Durch die Erkenntnis wird sie aber eine Welt „für uns“, denn wir können die erkannten Gegenstände entsprechend ihren Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten für die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse verwenden, ihre Kräfte und Eigenschaften planmäßig wirken lassen. Auch LENIN charakterisierte im Anschluß an ENGELS die Erkenntnis als Verwandlung der „Dinge an sich“ in „Dinge für uns“. Wir lernen das Atom kennen, indem wir es benutzen, es für uns wirken lassen. Darin besteht der Sinn wissenschaftlicher Forschung, nicht so sehr darin zu wissen, wie die Prozesse im Laboratoriumsexperiment verlaufen, sondern, wie sie im Produktionsprozeß verlaufen. Die Tatsache, daß wir einen Prozeß in der Produktion beherrschen, wo er nicht beobachtet wird, zeigt uns, daß wir sein Wesen erfaßt haben, daß das „Ding an sich“ ein „Ding für uns“ geworden ist.

LENIN vertiefte die Kritik an der Kantschen Erkenntnistheorie, die eine prinzipielle Scheidewand zwischen der „Erscheinung“ und dem „Ding an sich“ zieht. „Jeder geheimnisvolle, ausgeklügelte, spitzfindige Unterschied zwischen der Erscheinung und dem Ding an sich ist purer philosophischer Unsinn“, schrieb er in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“. „In Wirklichkeit hat jeder Mensch millionenmal die einfache und augenfällige Verwandlung des ‚Ding an sich‘ in eine Erscheinung, in ein ‚Ding für uns‘ beobachtet. Diese Verwandlung ist eben die Erkenntnis.“ (**95**, S. 108.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die methodische Analogie zum Korrespondenzprinzip sagt, daß, wie das klassische Modell Ausgangspunkt bei der Erforschung der Prozesse in der Quantenphysik ist, auch automatisierungstechnische Modelle der Ausgangspunkt für die Erforschung biologischer Verhaltensweisen sein können. Wir sagten damit aber nicht, daß die anschaulichen Modelle damit a priori Voraussetzungen für diese Wissenschaften sind, sondern betonten im Gegenteil, daß es notwendig ist zu lernen, wie sich die gewöhnlichen Begriffe unserer Anschauung gegenseitig modifizieren, wie wir sie in ihrer Einheit und Gegensätzlichkeit erfassen können.

Der Zufall (die verschiedenen einander ausschließenden Möglichkeiten) existiert objektiv und ist nicht ein Ergebnis der Begrenzung unserer Aussagefähigkeit über das System. Die Annahme, daß hier eine grundsätzliche objektive Erkenntnisgrenze vorliegt, wurde schon mehrfach zurückgewiesen. Wir müssen dagegen berücksichtigen, daß in verschiedenen Bereichen der Wirklichkeit qualitativ verschiedene Formen des Zusammenhanges auftreten, deren Besonderheiten zu beachten sind.

Zusammenfassend wollen wir unsere bisherigen Aussagen über die verschiedenen Formen der Determination in der objektiven Realität, die unterschiedlichen Typen von Gesetzmäßigkeiten in folgender Übersieht darstellen: [221]

1. Der mechanische Zusammenhang
   Durch die Festlegung der Anfangsbedingungen sind Zukunft und Vergangenheit eindeutig festgelegt. (Der Automatisierungstechnik und den Lebewesen gemeinsam.)
2. Stochastischer bzw. korrelativer Zusammenhang
   Betrachtung der korrelativen Beziehungen zwischen Strukturelementen, korrelative Umweltanpassung. (Der Automatisierungstechnik und den Lebewesen gemeinsam.)
3. Probabilistische Zusammenhänge
   a) Im Bereich der Quantenphysik sind nur Wahrscheinlichkeiten für Zustände des einzelnen Objekts, die von diesem zufällig verwirklicht werden, festgelegt.
   b) Im Bereich der hochkomplexen Systeme ist die Wahrscheinlichkeit über die Einzelheiten der mikroskopischen Struktur und Dynamik, die zufällig verwirklicht wird, festgelegt. Es ist jedoch auf Grund der außerordentlichen Spezifität der Zusammenfügungen und der Dialektik von Teil und Ganzem ein strengerer Determinismus anzunehmen, als er z. B. in der Quantenphysik vorliegt.

Das hochkomplexe System stellt ein einheitliches Regime all dieser Wechselwirkungen dar.

Wenn wir sagen, daß das Problem des Wahrscheinlichkeitsgesetzes auch für die Biologie von Bedeutung ist, so soll dies nicht heißen, daß es hier in derselben Form wie in der Physik auftritt. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß es in den verschiedensten Bereichen der Wirklichkeit methodisch vergleichbare Probleme gibt, wenn sie auch in der für die jeweilige Bewegungsform der Materie spezifischen Form in Erscheinung treten. Die Häufigkeitskonzeption (d. h. Wahrscheinlichkeit als Charakteristikum einer Vielzahl von Objekten bzw. im Homöostaten einer Vielzahl von Verbindungen) wird angewendet, wo das Zusammenwirken einer sehr großen Zahl von Einzelerscheinungen und Teilprozessen wesentlich wird, bei einer bestimmten Art formaler Verknüpfung von Strukturen bzw. ihrer Glieder, wobei von der spezifischen Bewegungsform der Strukturen abstrahiert wird. Es ist die Massenerscheinung von der Art der Thermodynamik und Strukturverknüpfung, von der Art sich selbst organisierender technischer Systeme.

Die Vorstellung eines in sich homogen bzw. redundant strukturierten Objekts wurde von der statistischen Mechanik sowie von der Automatentheorie beibehalten. Die Objekte der Quantenmechanik sowie der Biologie sind von wesentlich komplizierterer Struktur und in sich widersprüchlich. Damit ist die Wahrscheinlichkeit als Charakteristikum einzelner Systeme gegeben. [222]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 6.3. Zufall in dialektischer Einheit mit der Notwendigkeit im objektiv Möglichen – das Problem des Wahrscheinlichkeitsgesetzes

Die Ergebnisse der bisherigen Diskussion um das Problem des Wahrscheinlichkeitsgesetzes, der dialektischen Einheit von Notwendigkeit und Zufall, sollen hier nochmals kurz dargestellt und zusammenfassend Thesen zu einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption formuliert werden. Damit wird gleichzeitig der Ausgangspunkt für die Diskussion im Teil II des Buches gewonnen:

Die klassische Theorie der Automaten wird von den klassischen Prinzipien einer Eins-zu-eins-Übereinstimmung (eines Isomorphismus) zwischen den physikalischen Größen, welche die Zustände des Systems zu verschiedenen Zeitpunkten beschreiben, beherrscht. Die mechanistische Biologie, nach welcher der mechanische Determinismus im biologischen System uneingeschränkt gilt, setzt ständig die Existenz eines solchen Isomorphismus, einer solchen *Kontinuität der Information* voraus. Das zwingt den Biologen, auch zu einer Zeit, in der die strukturellen Eigenschaften des erwachsenen Organismus noch nicht offenkundig sind, schon die Existenz einer äquivalenten Information vorauszusetzen, von der die Struktur nach dem Vorbild eines Automaten reproduziert werden kann. Früher sprach man von einem Homunkulus, der in der Keimzelle vorhanden sei.

Eine Theorie der Evolution, in der die Antithesen Notwendigkeit oder Zufälligkeit dialektisch vereinigt werden können, verlangt die Überwindung der mechanischen Determinismuskonzeption, die Anerkennung der Möglichkeit solcher kausaler Beziehungen, die eine gesetzmäßige Erhöhung des Informationsgehaltes der Organismen determinieren.

Die vorgenommene Charakterisierung der Gesetze, die den objektiven Zufall beinhalten, und die wir als probabilistische Gesetze, im Unterschied zu klassisch statistischen und dynamischen Gesetzen bezeichnen, soll hier nochmals präzisiert werden:

1. Streng deterministische (dynamische) Gesetze
Nach streng deterministischen Gesetzen ergibt sich der Zustand eines Systems zu jedem Zeitpunkt eindeutig aus dem Anfangszustand des Systems und aus den Einwirkungen der Umgebung auf das System. Handelt es sich speziell um ein isoliertes System, so folgt der Zustand des Systems zu einem beliebigen Zeitpunkt $t > t_0$ aus seinem Zustand zur Zeit $t_0$.

Der typische Ausdruck eines dynamischen Gesetzes ist ein Differentialgleichungssystem, dessen Lösung durch Anfangs- und Randbedingungen eindeutig bestimmt ist und in Form einer Trajektorie im Phasenraum dargestellt werden kann.

2. Statistische Gesetze
Sie gelten für Gesamtheiten von Systemen (oder Elementen), die sich jedes für sich nach dynamischen Gesetzen entwickeln. Für Anfangs- oder Rand-[223]bedingungen sind nur Mittelwerte oder Wahrscheinlichkeitsverteilungen bekannt. Deshalb läßt sich für die Trajektorien nur eine Wahrscheinlichkeitsverteilung angeben. Die Mittelwerte für die Gesamtheit der Trajektorien (globale Größen) folgen dynamischen Gesetzen.

Durch genauere Analyse ist es prinzipiell möglich, Anfangs- und Randbedingungen beliebig genau zu ermitteln, doch ist diese Analyse uninteressant, wenn man sich nur für die globalen Größen interessiert (z. B. Druck, Temperatur eines Gases). Der genauen Analyse sind aber bei großen Ensembles von Systemen Grenzen gesetzt bzw. hat keinen physikalischen Sinn, wie schon BORN bemerkt hat (vgl. Zitat S. 206 f.).

3. Probabilistische Gesetze
*Probabilistische Gesetze in der Physik*. Sie gelten für Systeme (oder Elemente), die sich nicht nach dynamischen Gesetzen entwickeln (d. h. werden Gesamtheiten solcher Systeme betrachtet, so bewegt sich jedes einzelne Element dieser Gesamtheit nicht nach dynamischen Geset-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

zen). Die Bewegungsgesetze der Elementarsysteme sind zufällige Realisierungen gesetzmäßiger Möglichkeiten. Es ist prinzipiell unmöglich, mehr über das Verhalten der Elementarsysteme auszusagen. Das Feld der Möglichkeiten ist überschaubar, die Wahrscheinlichkeit der Realisierung jeder Möglichkeit läßt sich statistisch aus einer großen Zahl von Elementarereignissen mit beliebiger Genauigkeit bestimmen, oder Hypothesen über die Wahrscheinlichkeit lassen sich aus den globalen Größen bestätigen. Die Gesetze der Quantenmechanik sind – daran besteht heute kein Zweifel mehr – solche probabilistischen Gesetze. In der Biologie spielen zweifelsohne diese probabilistischen Gesetze eine Rolle, da eine Mutation durch ein einziges Quantenereignis verursacht werden kann.

*Probabilistische Gesetze in der Biologie*. Es muß in Erwägung gezogen werden, ob sich in der Biologie der Zufall nur durch quantenphysikalische Elementarakte durchsetzt und ob nicht noch Gesetze wirksam werden, die mit der hohen Komplexität der biologischen Systeme zusammenhängen.

Bei einem biologischen System handelt es sich um einen Komplex von vielen untereinander verschiedenen Systemen. Sind die Anzahl der Systeme eines solchen Komplexes und die Anzahl der verschiedenen Anfangsbedingungen sehr groß, so ist es, selbst wenn sich die einzelnen Systeme nach dynamischen Gesetzen entwickeln, und selbst, wenn der Komplex in einer größeren Anzahl von Exemplaren zur Verfügung steht, praktisch und auch theoretisch nicht möglich, die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anfangsbedingungen statistisch zu ermitteln, da die übergroße Mehrzahl der Fälle seit dem Entstehen der Komplexe gar nicht oder höchstens nur einmal realisiert wurde. Unter solchen Bedingungen (also bei objektiv mit definierter Wahrscheinlichkeitsverteilung), sind auch die globalen Größen des Komplexes nicht mehr streng determiniert. Bekannt ist allein das Feld ihrer Entwicklungsmöglichkeiten. So ist z. B. in der Mehrzahl der natürlichen Populationen die [224] Anzahl der möglichen Kombinationen von Vererbungseinheiten in den Zygoten immens groß, aber nur ein kleiner Teil von ihnen kann sich auf Grund einschränkender Bedingungen und der zur Verfügung stehenden Zeit verwirklichen.

Darüber hinaus bricht auch die genaue Angebbarkeit der Anfangsbedingungen der globalen Größen (Konzentration, Leitfähigkeit, *p*H-Wert etc.) in einem hochkomplexen System bereits bei winzigen Ungenauigkeiten oder wenigen Einwirkungen auf Grund von Verstärkungen zufällig auftretender Abweichungen und Schwankungen durch die Verschiedenartigkeit der Teilsysteme und der Mannigfaltigkeit ihrer Kopplungen zusammen, so daß der strenge Determinismus auch ohne Quantenphysik nicht zutreffen wird.

Man hat also innerhalb von Gesetzen, die Wahrscheinlichkeitsaussagen machen, streng zu unterscheiden zwischen klassischer Statistik einerseits und Probabilistik andererseits.

Dieses neue Verständnis des Charakters von Gesetzmäßigkeiten und damit der Begriffe Zufall, Möglichkeit und Wirklichkeit wurde in Verallgemeinerung des Charakters der Quantenmechanik erforderlich.

a) In der Quantenmechanik ist die Gesamtheit des objektiv Möglichen in Form des sogenannten quantenmechanischen Zustands des Systems gegeben. Der Zustand des Systems beinhaltet zugleich die Wahrscheinlichkeit für die verschiedenen Möglichkeiten. Dabei ist das Entscheidende, was das probabilistische Gesetz vom statistischen unterscheidet, der A-priori-Charakter dieser Wahrscheinlichkeit für den Einzelprozeß, die Objektivität der Existenz mehrerer Möglichkeiten, was absolut nichts zu tun hat mit einer mangelhaften Kenntnis des Systems, wie das in der klassischen Statistik der Fall ist.

Zur Illustration folgendes Beispiel von PRIMAS: „Es ist sinnvoll, einem einzelnen Radiumatom eine wohlbestimmte Zerfallswahrscheinlichkeit zuzuschreiben. Es handelt sich dabei um eine primäre Wahrscheinlichkeit, die dem einzelnen Radiumatom als Eigenschaft zuzuschreiben ist. Zur experimentellen Bestimmung dieser

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wahrscheinlichkeit wird man natürlich statistische Methoden benutzen, aber die Statistik ist lediglich ein sekundäres Hilfsmittel. Wenn wir jedoch nach der Lebenserwartung der Einwohner eines bestimmten Landes fragen, so haben wir eine prinzipiell andere Fragestellung: Wir fragen nach einer statistischen Wahrscheinlichkeit. Die aus der Statistik ermittelte Lebenserwartung ist selbstverständlich keine Eigenschaft eines Einzelnen, sondern eine Eigenschaft des untersuchten Kollektivs.“ (**127c**)

Diese Erkenntnisse legen einerseits – methodisch gesehen – die Hypothese nahe, daß auch in makroskopischen komplexen Systemen, u. a. in der Biosphäre, derartige probabilistische Gesetze auftreten, andererseits kann diese Möglichkeit heute von der Quantenmechanik explizit gezeigt werden (PRIMAS, **127c**). Für die Biosphäre gilt es, dies jedoch konkret nachzuweisen.

Wenn hier der probabilistische Charakter der Quantenmechanik herausgestellt wurde, so heißt dies allerdings nicht, daß in allen Systemen, deren [225] Elemente (Atome, Moleküle) der Quantenmechanik genügen, alles dem objektiven Zufall unterliegt. Ganz im Gegenteil! Die sogenannten makroskopischen Vorgänge folgen in vielfacher Hinsicht klassisch deterministischen Gesetzen, die oben als dynamische bezeichnet wurden. Es ist nun außerordentlich wichtig zu wissen, daß man, um dies zu verstehen, nicht, wie z. B. P. JORDAN u. a. einen unüberbrückbaren Gegensatz zwischen Makrowelt und Mikrowelt anzunehmen braucht. Vielmehr liefert eine konsequente Anwendung der Quantenmechanik auf Systeme mit sehr vielen Freiheitsgraden automatisch deren klassisches Verhalten, wie neuerdings von PRIMAS überzeugend nachgewiesen wurde.

Meist handelt es sich darum, daß die Vielzahl der beteiligten Einzelprozesse den Zufall exakt eliminiert und ein streng deterministisches Gesetz, die reine Notwendigkeit, übrigbleibt.

In diesem Sinne ist in der Regel der Zufall völlig eingeschränkt. So erscheint es uns dann ganz abwegig und dem eigentlichen Wesen der Sache völlig unangemessen, etwa zu betonen, daß eine Kanone schießt, beruhe auf lauter Zufällen, die sich in den Molekülen des Treibsatzes abspielen.

Denn *daß* diese Zufälle mit wohlbestimmten Häufigkeiten stattfinden, ist notwendig. Diese in gewissem Maße trivialen Feststellungen sind deshalb sehr wichtig, weil ähnliche Vorstellungen in bezug auf die Biosphäre schon öfter, u. a. von JORDAN und neuerdings von MONOD, vertreten wurden.

Es sei allerdings schon an dieser Stelle betont, daß im Hinblick auf die Biologie tatsächlich kompliziertere Verhältnisse vorliegen. Hier ist der Zufall nicht in jeder Hinsieht eingeschränkt, so daß echt probabilistische Gesetze zum Wesen des Biologischen gehören. Das Beispiel mit der Kanone bleibt aber insofern relevant, als es konkret herauszuarbeiten gilt, worin die Notwendigkeiten bestehen. Wie dieses Beispiel zeigt, besagt nämlich der bloße Hinweis auf den Zufallscharakter der Einzelprozesse noch nichts.

b) Es gehört zu den wesentlichsten Ergebnissen der Quantenphysik, die Grenzen der mechanistischen Determinismuskonzeption entschieden deutlich gemacht zu haben. Dies wurde jedoch unterschiedlich interpretiert. HEISENBERG u. a. haben eindeutig nachgewiesen, daß die Annahme verborgener Parameter im Sinne der klassischen Physik unberechtigt ist, andererseits aber wurde der statistische Charakter der Quantenphysik mit einer prinzipiellen Erkenntnisschranke erklärt (**59e**). Dies führt letztlich auf die von HEISENBERG und anderen Wissenschaftlern widerlegte Auffassung von verborgenen Parametern zurück. Hier liegt eine wesentliche Wurzel für subjektivistische und agnostizistische Elemente bei der Interpretation der neuen quantenphysikalischen Erkenntnisse, die heute auch unter dem Einfluß der Kritik von seiten marxistischer Physiker und Philosophen immer mehr überwunden werden. Nach der positivistischen Deutung beschreibt die Theorie allein unsere Kenntnis von den Prozessen; treten Mehrdeutigkeiten auf, so wird dies als ein Ausdruck unserer Unkenntnis gedeutet. [226]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

c) Es wurden hier wohl die Grenzen der klassischen Begriffsbildung erkannt, diese wird aber weiterhin vorausgesetzt. Weiterhin wird vorausgesetzt, daß es Gesetzmäßigkeiten gibt, die nur den Charakter der Notwendigkeit tragen, und probabilistische Gesetzmäßigkeiten, die die Kategorie der Möglichkeit enthalten, einer weiteren Erklärung bedürfen, welche in irgendeiner Form eine Einschränkung unserer Erkenntnismöglichkeit beinhaltet. Die Grenzen der mechanistischen Determinismuskonzeption werden klar erkannt. Da dies jedoch nur auf die Störung durch den Meßeingriff zurückgeführt wird, bleibt die Konzeption weiterhin als Voraussetzung bestehen. Die Einengung der Problematik auf die Störung durch den Meßeingriff führt zu falschen Schlußfolgerungen, da die Wahrscheinlichkeitsaussage über einen elementaren Vorgang nicht nur auf den störenden Eingriff zurückzuführen ist. Es muß mit aller Entschiedenheit darauf hingewiesen werden, daß die Tätigkeit des Menschen nicht Störfaktor der Erkenntnis, sondern vielmehr ein integrierender Bestandteil des Erkenntnisprozesses ist.

d) Es macht sich auch in unserer Literatur bemerkbar, daß bei der Interpretation des statistischen Charakters der Quantenphysik nicht immer klar zwischen klassischer Statistik und Probabilistik unterschieden wird. Der entscheidende Fehler besteht dabei gerade darin, daß der Zufall weiterhin unter Gesichtspunkten betrachtet wird, welche die klassische Statistik geprägt hat.

Unter statistischen Gesetzen versteht man oft noch allein Gesetze des Verhaltens einer Gesamtheit von Objekten. Daraus folgt, daß statistische Gesetze nur an Ensembles überprüft werden können, z. B. durch häufigere Wiederholung des Experiments. Sie machen also nur *Aussagen über Ensembles und gelten daher nur für solche*. Den Gesetzmäßigkeiten des Ensembles bzw. der Gesamtheit der Objekte müssen jedoch gewisse Gesetzmäßigkeiten der Einzelprozesse zugrunde liegen. Es ist durchaus möglich, im Zuge der weiteren Forschung zu den Gesetzmäßigkeiten der zugrunde liegenden Einzelprozesse vorzudringen. Damit werden aber die statistischen Gesetzmäßigkeiten der Gesamtheit der Objekte nicht auf dynamische Gesetzmäßigkeiten reduziert, sondern bleiben Gesetzmäßigkeiten einer eigenen Qualität.

Man kann diese Auffassung wie folgt zusammenfassen: Zunächst spiegeln wir die Erscheinung nur grob und unvollkommen wider. Durch einen bestimmten Stand der Meßtechnik, entsprechend unserem momentanen Erkenntnisstand, werden die Beziehungen in ihrer Wichtigkeit bewertet, und andere Dinge scheinen keine Beziehungen untereinander zu haben, wobei sich bei späteren Untersuchungen vielleicht doch noch wesentliche Abhängigkeiten feststellen lassen. Für bestimmte praktische und theoretische Bedürfnisse ist es völlig ausreichend, bei der statistischen Erfassung von Prozessen *stehenzubleiben*. Jedoch grundsätzlich liegen all diesen statistischen Gesetzen durchaus Einzelvorgänge zugrunde, die auch prinzipiell erkennbar sind. Hinter jedem so verstandenen Gesetz mit statistischem Charakter ver-[227]bergen sich demnach immer elementare Gesetze dynamischen Charakters. Diese Vorstellung beruht vor allem auf der Voraussetzung, daß eine Isolierung aus dem allgemeinen Wechselwirkungszusammenhang grundsätzlich möglich ist, ohne wesentliche Eigenschaften des Untersuchungsobjekts zu zerstören.

Hier wird eine auch unter marxistischen Wissenschaftlern umstrittene Frage aufgeworfen: Ist die Wahrscheinlichkeit Ausdruck unserer Unkenntnis, die sich von Generation zu Generation verringert, oder ist sie gerade die Kenntnis des Zusammenhanges und damit ein nicht wieder Wegzudenkendes in der Formulierung wissenschaftlicher Gesetze?

Von den verschiedensten Autoren wird betont, daß die statistische Beschreibung in der Quantenphysik darauf zurückzuführen ist, daß es unmöglich wäre, alle Kausalketten für einen Prozeß zu erkennen; dies geschieht oft unter Berufung auf ENGELS' Beispiel mit der Erbse. Es muß aber betont werden, daß ENGELS nur die klassische Statistik kannte, und da ist seine Bemerkung durchaus zutreffend, auch in bezug auf die Forderungen des Konditionalismus, alle Bedingungen zu berücksichtigen. Auf die Quantenstatistik trifft dies nicht zu.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

e) In der Quantenphysik muß die Gegenüberstellung von statistischen und dynamischen Gesetzen grundsätzlich aufgegeben werden. Solange man überhaupt statistische und dynamische Gesetze gegenüberstellt, bezieht man von vornherein den Standpunkt der klassischen Physik. In der Quantenphysik sind dies keine Gegensätze. Für die Quantentheorie gilt dagegen, daß, wenn man die oben vertretene Meinung zuläßt, die Unbestimmtheitsrelation HEISENBERGs die Folge der Begrenztheit unseres Erkenntnisvermögens und nicht Widerspiegelung einer objektiv-realen Beziehung ist. Der wesentliche Unterschied scheint darin zu liegen, ob man der Auffassung ist, daß statistische Gesetzmäßigkeiten immer nur für Gesamtheiten von Objekten gelten, d. h., ob man ihren Gültigkeitsbereich auf Ensembles einschränkt oder ob man sie auch für Einzelprozesse zuläßt. Im ersteren Falle würde auch hier wieder die Frage nach den diesen Ensembles zugrunde liegenden Einzelprozessen auftreten, welche wir jedoch nicht kennen und auf Grund der Unbestimmtheitsrelation auch niemals kennen werden. Im zweiten Falle, in der Interpretation von FOCK (**36**), bezieht sich das Gesetz auf den Einzelprozeß. Das Gesetz sagt uns, was bei dem Einzelprozeß möglich ist und welche Wahrscheinlichkeit besteht, daß jede einzelne dieser Möglichkeiten verwirklicht wird.[1] Dieses Wahrscheinlichkeitsgesetz ist dann innerhalb der Grenzen unserer heutigen Kenntnis eine getreue Widerspiegelung der Wirklichkeit. Es enthält die Unbestimmtheitsrelation ebenfalls als Widerspiegelung der Wirklichkeit, während sie nach der ersten Auffassung nur Ausdruck unserer prinzipiellen Unkenntnis ist. [228]

f) Die Voraussetzung für die FOCKsche Auffassung liegt in der Frage der Anwendbarkeit von Wahrscheinlichkeitsgesetzen auf den Einzelprozeß.

*Damit ist eine Unterscheidung gegeben zu der bisherigen oder klassischen Statistik. Andere Auffassungen einer Reihe von Autoren liegen m. E. in der Verkennung dieser Unterschiede begründet.*

Es muß unbedingt berücksichtigt werden, daß der Begriff der Statistik an wesentlich verschiedenen Stellen mit wesentlich verschiedenen Bedeutungen auftritt, nämlich:

1. schon in der klassischen Physik beim Vielkörperproblem,
2.in der Quantenphysik bei der statistischen Deutung der Zustandsfunktion.

In analoger Weise für unsere Problematik können wir sagen, Statistik tritt auf:

1. im Homöostaten oder anderen höheren Automaten, bei einer Vielzahl von Verbindungen (Elementen oder Gliedern),
2. in hochkomplexen Systemen, bei der statistischen Deutung der Einzelheiten ihrer mikroskopischen Struktur und Dynamik.

g) Diese Unterscheidung wird nicht immer getroffen. Beide mögliche Interpretationen scheinen sich darin zu unterscheiden, daß man zum einen statistische Gesetze nur für Gesamtheiten von Objekten gelten läßt, d. h., ihren Gültigkeitsbereich auf Ensembles einschränkt, und daß man sie zum anderen auch auf Einzelprozesse bezieht. Die erstgenannte Auffassung läßt die Frage nach den zugrunde liegenden Einzelprozessen offen. Die Unbestimmtheitsrelation wäre eine prinzipielle Erkenntnisschranke, die uns die Erkenntnis der zugrunde liegenden Einzelprozesse grundsätzlich verwehrt. Im zweiten Falle gelangen wir zu einem neuen Verständnis der in der Natur herrschenden Gesetzmäßigkeit, zu einer echten Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen als Ausdruck der inneren Widersprüchlichkeit der zur Selbstbewegung befähigten Materie. FUCHS schreibt: „Der dialektische Materiebegriff beruht auf der dialektischen Einheit dieser beiden Kategorien – Zufall und Notwendigkeit – in der Kategorie der Möglichkeit.“ (**39**, S. 62). Die Wahrscheinlichkeit ist in diesem Falle nicht nur eine Fiktion, die sich von Generation zu Generation verringert, um schließlich ganz zu verschwinden. Die Kate-

[1] Auf dem Symposium „Determinismus und Gesetzmäßigkeit in der modernen Naturwissenschaft“ schlug M. STRAUSS vor, diese Art von statistischen Gesetzen besser mit Probabilistik zu bezeichnen (**190**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

gorie der Möglichkeit ist eine unentbehrliche Kategorie in der Formulierung wissenschaftlicher Gesetze. Die probabilistischen Gesetze, welche die Kategorie der Möglichkeit enthalten, widerspiegeln die widersprüchliche Natur der Materie, die sie zur Selbstbewegung befähigt; sie bedürfen daher keiner weiteren Erklärung durch Rückführung auf andere Gesetze.

h) *Einem Hinweis von* FUCHS *folgend, vertreten wir die Auffassung, daß die Materie mit ihrer inneren Widersprüchlichkeit unerschöpfliche Möglichkeiten in sich birgt und ihre Entwicklung keineswegs erschöpft ist. Die Gesetz-*[229]*mäßigkeiten, welche die Kategorie des Möglichen enthalten, widerspiegeln diese Natur der Materie und bedürfen daher keiner weiteren Erklärung durch Rückführung auf andere Gesetze. Eine Erklärung ist eher notwendig für die Gesetzmäßigkeiten, welche nur die Kategorie der Notwendigkeit enthalten und somit einen degenerierten Zustand der Materie widerspiegeln.*

i) Diese Erkenntnisse sind auch für die biologische Theorie wichtig, denn: Das Verständnis der Entstehung von wirklich Neuem setzt voraus, daß der Zufall nicht nur als störendes, sondern auch als aufbauendes Moment verstanden wird, es setzt voraus, daß die Trennung zwischen Information und Rauschen überwunden und der Zufall in seiner dialektischen Einheit mit der Notwendigkeit im objektiv Möglichen erfaßt wird. Denn nur wenn Raum ist für die Kategorie des objektiven Zufalls und der objektiven Möglichkeit, ist die Voraussetzung dafür gegeben, daß auch Prozesse mit Informationsvermehrung auftreten können, daß überhaupt etwas Unerwartetes und wirklich Neues in der objektiven Realität auftreten kann.

Der sich entwickelnde Organismus hat verschiedene Möglichkeiten, die ihm eigene Struktur auszubilden. Diese Möglichkeiten sind mathematisch durch verschiedene Wahrscheinlichkeiten gegeben, die untereinander zusammenhängen. Die Wahrscheinlichkeit der Verwirklichung einer bestimmten Struktur hat am Ende der Entwicklung bzw. Differenzierung die Größe 1. Die Wahrscheinlichkeit für das Entstehen einer anderen Struktur hat am Ende der Entwicklung bzw. Differenzierung die Größe 0.

j) Eine elementare Aussage heißt wahr, wenn ihre Wahrscheinlichkeit 1 ist; sie heißt falsch, wenn ihre Wahrscheinlichkeit 0 ist. Im Resultat der Entwicklung erweist sich jede Aussage als wahr oder als falsch. Für die eine, die verwirklichte Möglichkeit wird die Reihe der Wahrscheinlichkeiten 1 zur Gewißheit bzw. Wahrheit, für die anderen 0 zur Unmöglichkeit bzw. Falschheit. Es werden nicht alle Möglichkeiten realisiert. Für die Gesamtheit der Art, der Klasse von Individuen mit gleichen Erbanlagen, verwirklicht sich notwendigerweise ein großer Teil der Möglichkeiten. Was jedoch den einzelnen Organismus angeht, so erhalten wir im Ergebnis seiner Entwicklung eine wahre Aussage über seine Struktur und eine Reihe falscher Aussagen. Das probabilistische Gesetz gibt an, was für die Gesamtheit möglich ist, die Verwirklichung ist im Einzelfall zufällig. DARWINS Selektionstheorie ist der geniale Versuch, die Entwicklung des Organismus unter Beschränkung auf dieses Begriffsmaterial – den Wahrscheinlichkeitsbegriff, den die Quantenphysik explizit noch einmal einführt – verständlich zu machen. Vgl. gelten VON WEIZSÄCKER (**181**), S. 354.

Zusammenfassend sollen hier folgende Thesen zur Determinismuskonzeption formuliert werden:

1. Die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption geht aus vom allgemeinen Zusammenhang, der allgemeinen Wechselwirkung der Dinge [230] und Erscheinungen auf der Grundlage der materiellen Einheit der Welt, vom Prinzip des materialistischen Monismus und der Eigenbewegung der Materie, deren Quelle die immanente Widersprüchlichkeit ist. In diesem Sinne ist die „Wechselwirkung die letzte Ursache“.
2. Die entscheidende Begrenztheit der mechanistischen Determinismusvorstellung liegt in der Reduzierung der Vielfalt der Zusammenhänge auf die einfache, mit dem notwendigen Zusammenhang identifizierte Kausalbeziehung, durch die der nachfolgende Zustand vom

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

vorangegangenen eindeutig bestimmt sei. Eine solche Auffassung läßt keinen Raum für den Begriff des Zufalls und der Möglichkeit.

3. Die mechanistische Determinismuskonzeption, derzufolge es allein notwendige Zusammenhänge gibt, führt zu einer oft erforderlichen Überbetonung eines Aspektes im komplizierten Erkenntnisprozeß. Sie kann für bestimmte Untersuchungen eine fruchtbare Arbeitshypothese sein, die wir so lange benutzen sollten, bis die Fragestellung erweitert wird oder uns die Untersuchungen zeigen, daß die Vorstellungen nicht mehr zutreffen und inwieweit sie modifiziert werden müssen.
4. Das Kausalprinzip muß gegenüber der engen klassischen, mechanistischen Determinismuskonzeption eine entsprechende Verallgemeinerung erfahren. Wird unter Kausalität die konkrete, unmittelbare Vermittlung des objektiven Zusammenhangs verstanden und klar zwischen den Begriffen Kausalität und Gesetz unterschieden, dann widersprechen statistische Gesetze nicht der Determination der Einzelheiten der mikroskopischen Struktur und Dynamik des lebenden Organismus im dialektischen Sinne.
5. Die Auffassung, daß den statistischen Gesetzen dynamische zugrunde liegen, ist an der klassischen Statistik orientiert. Es muß zwischen Statistik und Probabilistik unterschieden werden. Das Entscheidende ist, ob man eine Wahrscheinlichkeitsaussage nur für Gesamtheiten von Objekten, d. h. den Gültigkeitsbereich statistischer Gesetze auf Ensembles einschränkt oder ob man sie auch für Einzelobjekte zuläßt. Das probabilistische Gesetz sagt in diesem Falle aus, was bei dem Einzelprozeß möglich ist und welche Wahrscheinlichkeit für die Verwirklichung dieser Möglichkeiten gegeben ist.
6. Das Verständnis der Entstehung von wirklich Neuem setzt voraus, daß der Zufall nicht nur als ein Ergebnis unserer Unkenntnis des an sich doch allein notwendigen Geschehens aufgefaßt wird. Es setzt voraus, daß die Trennung zwischen Notwendigkeit und Zufall, Information und Rauschen, die bei der Bildung des abstrakten Systems eingeführt wurde, überwunden wird. Das Entscheidende ist, daß wir den Zufall nicht nur als störendes, sondern auch als aufbauendes Moment erfassen. Der Zufall ist in einer dialektischen Einheit mit der Notwendigkeit im objektiv Möglichen zu verstehen. [231]
7. Die Auffassung, daß probabilistische Gesetzmäßigkeiten noch einer weiteren Erklärung bedürfen, widerspricht der dialektisch-materialistischen Auffassung von der Materie, die auf Grund ihrer inneren Widersprüchlichkeit zur Selbstbewegung befähigt ist und die unendliche Vielfalt der Wirklichkeit selbst hervorbringt. Gesetzmäßigkeiten, die sich auf das objektiv Mögliche beziehen, widerspiegeln diese Natur der Materie und bedürfen daher keiner weiteren Erklärung. Eine solche Haltung gibt erst die Möglichkeit einer echten Kritik am „biologischen Idealismus“ bzw. am „physikalischen Idealismus“ und am Indeterminismus in Physik und Biologie. Von hier aus haben wir die Möglichkeit zur Differenzierung zwischen verschiedenen Typen von Gesetzmäßigkeiten – dynamischen, statistischen bzw. korrelativen und probabilistischen.
8. Die Existenz verschiedener Gesetzestypen bietet die Grundlage für eine Differenzierung zwischen verschiedenen möglichen äußeren Verhaltensweisen von Systemen: Anpassungsverhalten 1. Art, Anpassungsverhalten 2. Art bzw. Lernverhalten und selbstorganisatorisches bzw. schöpferisches Verhalten. Letzteres ist Ausdruck einer dialektischen Einheit von reiner Informationstransformation (Erbanlagen) (Fall 1), ergänzt durch Information aus der intensiven Wechselwirkung des Systems mit seiner Umwelt (Fall 2) und einer Informationsvermehrung aus der eigenen inneren widersprüchlichen Dynamik des Systems selbst. Selbstorganisatorisches Verhalten schließt alle niederen Formen des Verhaltens in sich ein und baut auf ihnen auf (vgl. S. 334 f.).

Diese Auffassung hat gerade für das Verständnis biologischer Vorgänge, insbesondere der präbiotischen Evolution, der Phylogenese und auch der ontogenetischen Entwicklung, entscheidende Konsequenzen. Ihnen wollen wir uns im Teil II zuwenden. [233]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# Teil II
# Die Zelle als kybernetisches System – Probleme des Determinismus, des Regulationsgeschehens in der einzelnen Zelle und der Höherentwicklung

[235]

## 7. Molekulare Grundlagen der Informationsspeicherung und Informationsübertragung

Die Molekularbiologie gibt Antwort auf die Frage, wie der Bauplan eines hochdifferenzierten Lebewesens in den Chromosomen der Keimzelle niedergelegt ist, wie dieser Bauplan bzw. Informationsgehalt von Generation zu Generation in allen Einzelheiten weitergegeben wird, welcher Art der Mechanismus ist, nach dem sich die dem Bauplan entsprechende Synthese der Bausteine der sich differenzierenden Zelle vollzieht und wie die Erbinformation in den makromolekularen Strukturen codiert ist.

Damit treten alte philosophische Fragestellungen in neuer Form auf: Ist wirklich der gesamte detaillierte Bauplan eines hochdifferenzierten Lebewesens in den Chromosomen der Keimzelle niedergelegt? Liegt wirklich eine homomorphe bzw. isomorphe Repräsentation des Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus in der strukturellen Organisation der organischen Makromoleküle vor?

Die Theorie der Epigenese müßte in moderner Form nachweisen können, daß eine solche homomorphe Repräsentation in der Organisation der Makromoleküle nicht existiert, daß sich der Informationsgehalt des erwachsenen Organismus erst während der Ontogenese vollständig ausbildet. Es entsteht dann die Frage: Wo kommt die zusätzliche Information her? Beschränkt sich der Informationsgewinn auf einen Import an Information aus der Außenwelt (Lernverhalten) oder gibt es auch auf der Grundlage einer intensiven Wechselwirkung mit der Umwelt eine endogene Informationsvermehrung (epigenetisches Verhalten)?

Diesen und anderen Fragen wollen wir uns nun im einzelnen zuwenden. Wir werden mit dem Problem der Speicherung und Übertragung der Erbinformation beginnen. Das Problem der Artspezifität und seine Beziehungen zur Proteinspezifität sind ein zentrales Problem der modernen Biologie, welches mehr oder weniger alle Zweige dieser Wissenschaft berührt. Man kann unter verschiedenen Gesichtspunkten an diese Problematik herangehen. Ein möglicher Weg des Herangehens ist der Versuch, die Problematik in Begriffen nachrichtentechnischer Kommunikationssysteme zu erfassen. Wir werden sehen, daß hier kybernetische Gedanken außerordentlich fruchtbar werden können. Die Rechtfertigung eines solchen Herangehens an die Problematik liegt in der noch jungen Erkenntnis, daß die Proteinspezifität in der exakten Anordnung der Aminosäurereste ihren Ausdruck findet und bedingt ist durch den Code in der exakten Anordnung der Nukleotidbasen [236] der DNS. Das ist die Grundlage dafür, daß die Beziehungen zwischen DNS-RNS-Protein auch unter mathematischen und nicht nur rein biochemischen Gesichtspunkten betrachtet werden können.

### 7.1. Informationsspeicherung in der DNS

Aus den Ergebnissen der jüngsten molekularbiologischen Forschung können wir uns heute ein klares, wenn vielleicht auch noch vereinfachtes Bild von dem Vorgang machen, wie molekulare Information gespeichert, reproduziert und auf andere molekulare Systeme im lebenden Organismus übertragen wird.

Als das primäre Molekül zur Speicherung und Replikation der Information wird die DNS angesehen. (Es muß jedoch festgehalten werden, daß die Behauptung, DNS sei die Hauptkomponente, nicht impliziert, daß sie die einzige sei.) Die Umwandlung der genetischen In-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

formation in entsprechende Wirkungen bezieht, wie wir noch sehen werden, die RNS mit ein. „Die beiden Verbindungen“, schreibt BONNER, „stehen in enger Beziehung zueinander, und die große Nähe der Verwandtschaft könnte sich durchaus dahingehend auswirken, daß die RNS eine entsprechend primäre genetische Funktion unter bestimmten Umständen ausführen kann, wie im Falle des Tabakmosaikvirus“ (**18**, S. 14) und im Falle einer ganzen Reihe von anderen RNS-Viren. Gegenwärtig erscheint es jedoch durchaus gerechtfertigt, den Schluß zu ziehen, daß in dem lebenden Organismus im allgemeinen die genetische Information in der DNS codiert ist, und zwar in der Sequenz der Nukleotidbasen entlang der Kette, und die RNS beteiligt ist bei der Umsetzung der Information in die entsprechenden Wirkungen, dabei aber ebenfalls ihren Informationsgehalt von der DNS erhält. Entscheidend für die Auffassung, daß die DNS als Träger der Erbinformation angesehen werden kann, waren Versuche mit bestimmten Bakterien, z. B. Pneumokokken.

Die sogenannte bakterielle Transformation eröffnete die Möglichkeit der Identifizierung der chemischen Natur des genetischen Materials. Bestimmte Stämme der Pneumokokken werden durch das Antibiotikum Streptomyzin getötet (streptomyzin-sensibel). Diese Streptomyzin-Sensibilität wird an die Nachkommen vererbt. Es gibt wiederum andere Stämme, welche Resistenz gegenüber Streptomyzin aufweisen, die ebenfalls vererbt wird an jede nachfolgende Generation. Wird nun im Experiment ein Extrakt aus resistenten Zellen einer wachsenden Population sensibler Zellen hinzugefügt, werden viele sensible Zellen in resistente umgewandelt, und die Resistenz wird an die Nachkommen weitergegeben. Es konnte dann gezeigt werden, daß die DNS des Extraktes die aktive Komponente war, die die erbliche Veränderung von Streptomyzin-Sensibilität in Streptomyzin-Resistenz herbeigeführt hatte.
Eine zweite Möglichkeit zur Nachprüfung der Auffassung, daß die DNS Träger der Erbinformation ist, ergab sich aus Versuchen mit Phagen. Diese Viren können sich nicht ohne Bakterien (einen Wirt) reproduzieren, sie bestehen aus Protein und DNS, wobei die Eiweiße nur eine Schutzfunktion haben, injiziert wird in das Bakterium nur die DNS. Die genetische Information des Virus muß daher in der DNS enthalten sein.

[237] Das Studium der bakteriellen Transformation und der Phagen führte zu der Schlußfolgerung, daß die DNS die chemische Grundlage der Vererbung ist. Daran kann heute nicht mehr gezweifelt werden. Der Streit darüber, ob es überhaupt eine spezifische Vererbungssubstanz gibt, ist völlig klar entschieden. Die Herausbildung hochpolymerer Stoffe, die Vererbungscharakter haben, d. h., die die Fähigkeit besitzen, sich identisch zu reproduzieren und außerdem die Formierung spezifischer Proteine und anderer lebenswichtiger Stoffe zu organisieren, dürfte als eine entscheidende Stufe in der Entstehung des Lebens angesehen werden.

Die Genetik ist ein junges Gebiet innerhalb der Biologie, sie ist ein Kind des 20. Jahrhunderts. Im Jahre 1900 wurden die 1865 von MENDEL aufgestellten Gesetze durch CORRENS, DE VRIES und TSCHERMAK unabhängig voneinander wiederentdeckt.

Damit war eine genaue Methode der Kreuzungsanalyse gegeben. Das Entscheidende dabei ist, daß z. B. bei einer Kreuzung von zwei reinen Linien mit gut voneinander unterscheidbaren Eigenschaften die in den nachfolgen-[238]den Generationen auftretenden Eigenschaftskombinationen zahlenmäßig genau erfaßt werden können. Das brachte zunächst einmal den Nachweis, daß die Eigenschaften der Individuen von den Erbanlagen, den sogenannten Genen, gesteuert werden.

Die Vererbungsgrundlage – die Gene – waren zunächst, ähnlich wie zuvor die Atome der Physiker, postuliert, bevor ihre Existenz bewiesen war. Den entscheidenden Schritt vorwärts brachten die neuen Erkenntnisse der Biochemie und Molekularbiologie. Sie konnten dem Vererbungsschema der klassischen Genetik eine biochemische Grundlage geben. Ein Gen wird heute aufgefaßt als ein linearer Abschnitt des Nukleinsäuremoleküls. Die Erbinformation ist codiert in der spezifischen Aufeinanderfolge der 4 verschiedenen Stickstoffbasen des Moleküls.

*Die Spiralstruktur der Nukleinsäuren* ermöglicht es, daß das Molekül die geforderten spezifischen Funktionen ausführen kann.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

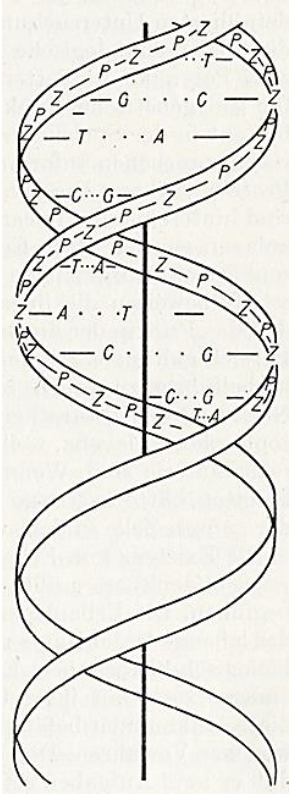


Abb. 17. Helixstruktur der DNS aus zwei Polynukleotidketten, die durch spezifische Wasserstoffbrücken zwischen den Basen Zytosin (C), Guanin (G), Adenin (A), Thymin (T) zusammengehalten werden (nach WATSON und CRICK). [Abb. 17, S. 237 des Buches]

Die Zytologen hatten für die Chromosomen schon seit längerem wahrscheinlich gemacht, daß die Nukleinsäure eine Helixstruktur besitzt. PAULING übertrug das Bild der Protein-Helix auf die Nukleinsäuren. Doch erst die detaillierten Untersuchungen von WATSON und CRICK bewiesen im Jahre 1953 die allgemeinbiologische Bedeutung der DNS-Doppelschraubenstruktur aus zwei Polynukleotidketten (**178**). Dieses Modell gibt erstmalig eine Erklärung für die genetische Funktion der Nukleinsäure (Abb. 17). Diese Funktion besteht in der Speicherung (der Bewahrung) und der Weitergabe von historisch erworbenen Informationen (Anweisungen) zur Strukturbildung bei der Proteinsynthese. Die zur Darstellung der Information notwendigen Zeichen sind hintereinander linear angeordnet. Gegen die lineare Anordnung der Erbanlagen wurden öfter Einwände geltend gemacht, die dogmatischen philosophischen Auffassungen entsprangen. Die Ergebnisse der modernen Wissenschaft beweisen die lineare Genanordnung. Die Feinstrukturanalyse zeigt, daß das Prinzip der linearen Anordnung der Gene auch noch im molekularen Bereich gültig ist. Hier eine Entscheidung vom philosophischen Standpunkt herbeiführen zu wollen, ist m. E. auch gar nicht sinnvoll. Der experimentelle Nachweis der Diskretheit der Erbanlagen ist wichtig und auch von philosophischer Relevanz, weil die Tatsache der Diskretheit beweist, daß die Gene reale Materie sind. Wenn die Erbanlagen nicht voneinander isoliert werden könnten, hätte LYSSENKO mit der These recht, die Vererbung sei eine Leistung der ganzen Zelle in dem von ihm verstandenen Sinne.

Die Existenz von Erbanlagen ist notwendig, denn eine Höherentwicklung wäre undenkbar, müßte ein lebender Organismus immer wieder von vorn beginnen. Die Erbanlagen stellen das innere Verbundsystem dar, mit denen der lebende Organismus mit seinen Vorfahren zusammenhängt. Hier sind die biologisch-historischen Erfahrungen früherer Generationen in der Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt fixiert. Durch die Vererbung werden also die Nachkommen befähigt, in ähnlicher Weise auf die Umwelt zu reagieren wie ihre Vorfahren. Der eindimensionale Streifen muß so angeordnet sein, daß er zwei Aufgaben erfüllen kann: [239]

1. Er muß das Abtasten des Informationsgehaltes und seine Transformation in die spezifische Proteinstruktur gestatten und

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

2. muß er die Reduplikation des Streifens selbst gestatten, damit die Weitergabe der Informationen bei der Zellteilung möglich ist.

Ersteres ist dem ständigen Spielen und letzteres dem Vervielfältigen einer Grammophonplatte vergleichbar, wobei jedoch die aufgezeigten Grenzen solcher Analogien zu mechanischen Speichern zu beachten sind (vgl. S. 48).

### 7.2. **Identische Reduplikation** (**Replikation**)

Die identische Reduplikation (kurz: Replikation) der DNS erfolgt in der Interphase, d. h., vor der eigentlichen Zellteilung. Erst in jüngster Zeit haben uns Versuche mit radioaktiv markierten DNS-Bausteinen tiefere Einsichten in die bei der Replikation ablaufenden Prozesse gewährt. Durch die Replikation ist gewährleistet, daß immer die gleiche Information an die Tochterzellen weitergegeben werden kann. Die Replikation (Isosynthese) bewirkt also, daß mehr oder weniger identische Teile entstehen. Sie ist ein Grundprozeß des Lebenden, denn sie ermöglicht außerdem Selektion und damit auch Evolution.

Nach dem von WATSON und CRICK (**178**) erarbeiteten Modell doppelsträngiger DNS wird angenommen, daß sich die beiden Polynukleotidketten des Doppelstranges trennen.

Schon während sich die Helix aufrollt, werden mit Hilfe spezifischer Enzyme des Stoffwechsels neugebildete Nukleotide an jeden der beiden Elternstränge angelagert.

Auf dem VI. Internationalen Biochemikerkongreß in New York berichtete TAYLOR von neuen Versuchen mit radioaktiv markiertem Thymin, die bestätigten, daß bei der Replikation sich die doppelsträngige DNS teilt und entsprechend dem semikonservativen Weg der DNS-Vermehrung die doppelsträngigen Tochtermoleküle einen Elternstrang und einen neu synthetisierten Strang enthalten.

Es ist nun in unserem Zusammenhang wichtig, daß die zur Bildung des neuen Stranges anzulagernden Nukleotide aus sterischen Gründen immer nur so zusammentreten können, daß Adenin (A) nur mit Thymin (T) (und umgekehrt) und Zytosin (C) nur mit Guanin (G) (und umgekehrt) sich gegenüberstehen und paaren können (Abb. 18 [siehe nächste Seite]).

Dadurch wird die identische Replikation in bezug auf den Basengehalt und die Anordnung der Basen erreicht. Im semikonservativen Replikationsverlauf sind zwei untereinander und mit dem Ausgangsmolekül identische Doppelschraubenmoleküle entstanden, wobei die neue DNS-Doppelspirale jeweils aus einem Strang der alten DNS und aus einem durch Anlagerung neu gebildeten Strang besteht.

[241] Es sei darauf hingewiesen, daß entsprechend der hier geschilderten Vorstellungen die ursprüngliche DNS die einzige Informationsquelle – die einzige Quelle biochemischer Spezifität – ist, die zur Spezifizierung der neugebildeten DNS-Moleküle dient. Zwar sind Enzyme, die DNS-Polymerasen, an der DNS-Synthese beteiligt, es wird aber angenommen, daß sie keinen Beitrag zur *Spezifizierung* der DNS-Moleküle leisten. Auf diese Problematik kommen wir zurück. Weiterhin sei noch auf folgendes verwiesen:

Wir konnten im vorangegangenen Abschnitt nachweisen, daß entgegen der Meinung von RUSSELL (**140**), daß „Materialismus einfach Unsinn“ und die „Zielgerichtetheit ein nicht weiter rückführbares Charakteristikum des Lebens“ sei, selbst technische Geräte durch die rein physikalische Eigenschaft des Vorhandenseins von Rückkopplung ein solches Verhalten zeigen können. Wir vermerkten, daß sich die Erscheinungen des Wachstums und der Reduplikation auf den ersten Blick noch dieser Konzeption zu entziehen scheinen. Dies ist jedoch nicht der Fall. WIENER (**185**, S. 256) vergleicht die DNS mit einem technischen Apparat, der einen noch nicht bestimmten Apparat nach seiner eigenen Form, nach seinem eigenen Funktionieren umformen kann.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

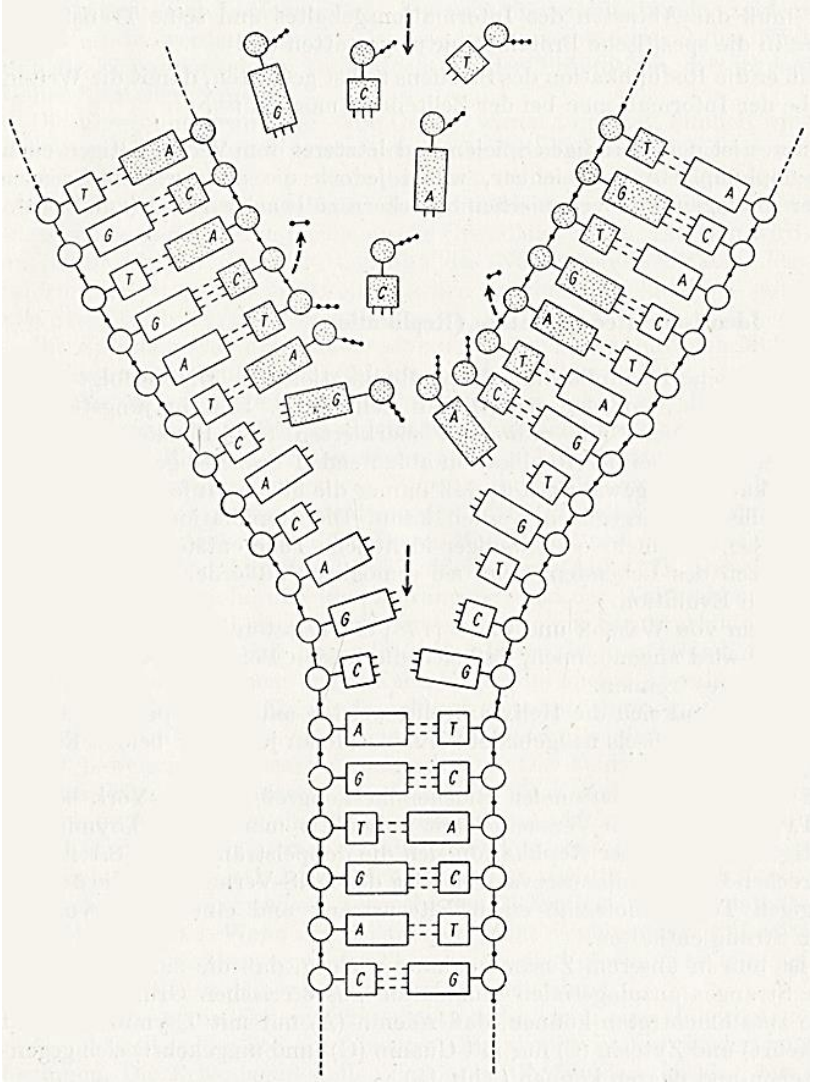


Abb. 18. Replikationsschema der DNS-Doppelspirale (nach MÜLLER). [Abb. 18, S. 240 des Buches]
Die beiden DNS-Stränge trennen sich. Die Stränge dienen als Matrize, an die die komplementären Bausteine angelagert werden. Die freien Nukleosidtriphosphate werden durch Wasserstoffbrücken an die Basen gebunden und mit Hilfe der Polymerase unter Abspaltung von Pyrophosphat zu einem Polynukleotidstrang verknüpft. Entsprechend dem semikonservativen Weg der DNS-Vermehrung besteht nach der Replikation jeder Doppelstrang aus einem alten und einem neuen Strang. A = Adenin; C = Zytosin; G = Guanin; T = Thymin.

### 7.3. Der Informationsübertragungsmechanismus – Transkription und Translation – die lineare Beziehung DNS-RNS-Protein

Aus den Ergebnissen der jüngsten molekularbiologischen Forschung gewinnen wir heute nicht nur ein klares Bild davon, wie auf molekularem Niveau die Information gespeichert und reproduziert wird, sondern auch darüber, wie die Information auf andere molekulare Systeme des lebenden Organismus übertragen wird. Die in der DNS gespeicherte Information muß „abgelesen“ und übertragen werden, damit sie für die ständig sich vollziehende Produktion von Enzymproteinen verwendet werden kann. Hier treten interessante Probleme der Informationsübertragung und Codierung auf, wie man sie zuvor nur aus dem Gebiet des Nachrichtentechnikers kannte. Das Verfahren besteht darin, daß jeder Aminosäure eines Proteins ein Codon, d. h. eine Gruppe von Nukleotiden, zugeordnet ist. Als Grundlage der Lebensvorgänge liegt zunächst ein dreistufiges Schema vor:

DNS → RNS → Protein → Funktion,
die DNS als der Informationsspeicher,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

die RNS als der Informationsübermittler und
die Enzymproteine als Regulatoren des Stoffwechsels und Grundlage aller Lebensfunktionen.

Die Proteinsynthese erfolgt dann in drei Schritten. Im ersten vorbereitenden Schritt wird eine Kopie des primären informationsspeichernden Moleküls, der DNS, hergestellt. Einer der DNS-Stränge wird in eine basen-[242]komplementäre Ribonukleinsäure umkopiert. Alle drei uns bekannten Klassen von RNS: die Messenger(m)-, die Transfer(t)- und die Ribosonien(r)-RNS erweisen sich als komplementäre Kopien von DNS-Strängen. Die DNS fungiert also auch als „template“ zur Produktion eines neuen RNS-Moleküls. Durch einen ähnlichen Vorgang wie bei der identischen Reduplikation – Spaltung des Doppelstranges des DNS-Moleküls, jedoch diesmal Anlagerung der Nukleotide der RNS – entsteht ein Doppelstrangmolekül, das aus einem Strang DNS und einem Strang RNS besteht. Entscheidend ist, daß der RNS-Strang auf Grund der Gesetzmäßigkeiten der Basenpaarung die Basensequenz der DNS in komplementärer Reihenfolge enthält. Die beiden komplementären Stränge trennen sich, und der RNS-Strang gelangt als „Messenger“-RNS ins Zytoplasma, um die in ihm verschlüsselte Information zu den Ribosomen, den Orten intensiver Eiweißsynthese, zu bringen.

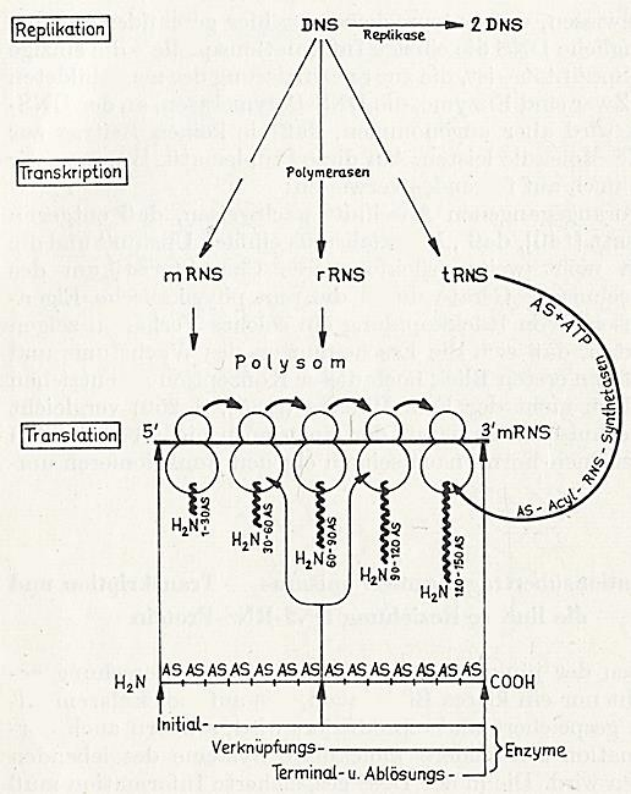



Abb. 19. Beziehungen zwischen Nucleinsäuren und Proteinsynthese (nach RAPOPORT 1969).

[243] Die Messenger-RNS enthält also jetzt die Spezifität (bzw. Information) für die Anordnung der Aminosäuren zu einer bestimmten Polypeptidkette eines Proteins in Form einer bestimmten Gruppierung der Nukleotide (Codon).

Im zweiten vorbereitenden Schritt werden die Aminosäuren aktiviert. Sie werden nicht direkt an die Codons angelagert. Aminosäurespezifische t-RNS-Moleküle, an welche die Aminosäuren intermediär verestert sind, dienen als Adaptoren an die m-RNS. Sie enthalten ein dem Codon komplementäres sogenanntes „Anticodon“. Ob es dem Codon wiederum basenkomplementär ist, bedarf jedoch noch des direkten Beweises (MATTHAEI, **105**).

Der letzte und entscheidende Schritt besteht nun darin, daß gemäß den Gruppen von Nukleotiden (= Codons) der RNS (als der Kopie des Informationsspeichers) die Aneinanderreihung der Aminosäuren bei der Verknüpfung zu den Polypeptidketten der Proteine erfolgt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

An den Ribosomen dient nun die „m-RNS“ als „template“ für die Kondensation der aktivierten Aminosäuren. Diese bilden einen Komplex mit der jeweils für eine Aminosäure spezifischen „transfer“- oder Transport-RNS. Es ist für jede der etwa 20 wesentlichen Aminosäuren eine t-RNS mit einer für jede Aminosäure charakteristischen Basensequenz gegeben. Die Transport-RNS hat die Aufgabe, die verschiedenen aktivierten Aminosäuren zum „template“, zu der m-RNS an den Ribosomen zu transportieren. Jede Aminosäure besitzt ihren eigenen Überträger, der an einer Stelle das für sie charakteristische Basentriplett enthält. Mit Hilfe dieses Erkennungszeichens kann nun die richtige Einordnung der betreffenden Aminosäuren bei der Synthese des Eiweißmoleküls erfolgen. An den Ribosomen entsteht eine Polypeptidkette, ein spezifisches Eiweiß, in dem die Sequenz der Aminosäuren im Eiweiß, die genaue Stelle, an der eine bestimmte Aminosäure in das Eiweiß eingebaut wird, durch die Reihenfolge der Basen der „m-RNS“ genau determiniert wird (Abb. 19).

Welche der aminosäure-spezifischen t-RNS-Moleküle zu den Ribosomen kommen, wird durch die m-RNS dadurch festgelegt, daß jeweils für eine Aminosäure drei spezifische Nukleotide der t-RNS mit drei komplementären Nukleotiden der m-RNS eine Basenpaarung eingehen.

[244] Die Ribosomen haben also die Aufgabe, entsprechend der Information der m-RNS die richtige durch die Überträger-RNS aktivierte Aminosäure auszuwählen und sie dann mit Hilfe eines Enzymsystems miteinander zur Peptidkette eines Eiweißmoleküls zu verknüpfen. Die Ribosomen stellen also eine Art programmierte Verknüpfungsmaschine dar (Abb. 20).

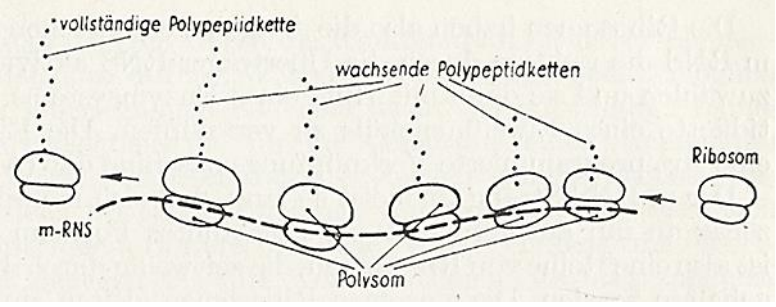



Abb. 20. Modell der Polysomenfunktion (nach GRUMMT und BIELKA, **46**). [Abb. 20, S. 243 des Buches]

Der m-RNS-Strang ist meist so lang, daß sich mehrere Ribosomen gleichzeitig an ihn anlagern und ein sogenanntes Polysom bilden. Ein Polysom ist also eine Reihe von Ribosomen, die zeitweilig durch die m-RNS zusammengehalten werden. Die einzelnen Ribosomen gleiten am RNS-Strang entlang und „lesen“ dabei die Information ab, die zur Synthese einer Peptidkette notwendig ist. Hat das Ribosom die gesamte m-RNS „abgelesen“, dann löst es sich vom RNS-Strang und setzt durch einen heute noch nicht bekannten Mechanismus das neusynthetisierte Protein frei.

### 7.4. Der genetische Code

Ein Brennpunkt der molekularbiologischen Forschung ist gegenwärtig das sogenannte Coding-Problem. Um eine Information darzustellen, ist eine Menge von Zeichen notwendig. Solche Zeichen sind u. a. Buchstaben, Ziffern; aber auch Lochungen in einer Lochkarte oder Schaltzustände eines technischen Systems. Es können aber auch, wie wir im Vorangegangenen sahen, verschiedene Basen oder Aminosäuren sein. Man kann z. B. eine Information durch Zeichen aus einem relativ großen Zeichenvorrat darstellen, wie bei der chinesischen Schrift, oder durch eine Kette von Zeichen (Zeichenreihe, Wort), wie dies in unserer Schriftsprache oder auch bei der „Sprache der Nukleinsäuren und Eiweiße“ vorliegt. Der zweite Weg hat den Vorteil, daß man weniger verschiedene Zeichen braucht. Für technische Zwecke ist es oftmals wesentlich, daß Zeichen aus einem relativ großen Zeichenvorrat durch Zeichenreihen mit einem relativ kleinen Zeichenvorrat dargestellt werden. Nachteilig ist dabei je-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

doch, daß die Zeichenreihe zur Codierung einer Information um so länger wird, je weniger verschiedene Zeichen zur Verfügung stehen. Die Menge solcher Elementarzeichen wird als Alphabet bezeichnet. Einzelne Zeichen können dabei mehrfach auftreten. Als Wort bezeichnet man eine Folge solcher Zeichen. Eine bestimmte Wortlänge ist oft vorgegeben. Bei einem endlichen Alphabet A und einer endlichen Wortlänge n gibt es dann auch nur eine endliche Wortmenge W. Bezeichnen wir die Anzahl der Elementarzeichen, die das Alphabet enthält, mit K, so besteht bei einer Wortlänge von n die Wortmenge W aus K Worten.

Das Alphabet des genetischen Codes muß so beschaffen sein, daß sämtliche synthetisierbaren Proteine erfaßt werden können. Der genetische Code muß die Verschlüsselung jeder Erbinformation gestatten. Aus dem Vorangegangenen wissen wir, daß die Anzahl der zur Verfügung stehenden Elementarzeichen 4 ist. Den vier verschiedenen Nukleotiden stehen zwanzig verschiedene Aminosäuren gegenüber, daher ist die notwendige Wortmenge = 20. [245] Es ist offensichtlich, daß dies nur durch die Kombination mehrerer Elementarzeichen (Nukleotide), also durch „Wörter“ (Nukleotidgruppen), möglich ist. Nach den obigen Überlegungen läßt sich leicht die notwendige Länge der Nukleotidgruppe errechnen, die für die Codierung einer Aminosäure notwendig ist. Die „Wörter“ müssen aus drei Zeichen (einem Triplett) zusammengesetzt sein, denn bei einer Wortlänge von zwei Zeichen lassen sich nur $4^2 = 16$ Kombinationen (unterschiedliche Worte) bilden, die Wortlänge drei ermöglicht dagegen $4^3 = 64$ Kombinationen. Es mag zunächst überraschen, daß es mehr als 20 Code-Worte gibt, u. a. erhöht jedoch diese Redundanz die Sicherheit der Informationsübertragung.

Es waren GAMOW und YČAS (**43**, S. 63-69), die als erste entdeckten, daß hier nicht nur eine biochemische Problematik vorliegt, sondern auch eine mathematische. Verschiedene mögliche Codes wurden diskutiert. Der mathematisch geforderte 3er-Code konnte nun auch experimentell nachgewiesen werden. Vor allem aus der Analyse der Entstehung von Punktmutationen weiß man heute, daß drei Nukleotide für die Anlagerung einer Aminosäure verantwortlich sind. Es erwies sich zugleich, daß es sich nicht um einen überlappenden Code handeln kann und daß der Code wahrscheinlich universell ist. LIPMANN und v. EHRENSTEIN konnten zeigen, daß in einem zellfreien Hämoglobinsynthesesystem, aus Kaninchenretikulozyten gewonnen, auch dann normale Globinketten synthetisiert werden, wenn die t-RNS von E.-coli-Bakterien genommen wird. Daraus kann man schließen, daß die E.-coli-RNS das gleiche Triplett trägt wie die t-RNS einer Kaninchenzelle. Diese Erkenntnis, daß auf molekularer Ebene aller Wahrscheinlichkeit nach alle Lebewesen eine gleiche „Sprache“ sprechen, zeigt, daß die „Sprache“ der Genetik offensichtlich einen gemeinsamen Ursprung hat. *Die Erkenntnis, daß höhere Organismen und auch der Mensch die gleichen Code-Wörter wie ein Coli-Bakterium benutzen, stellt eine entscheidende Förderung des Gedankens der materiellen Einheit der Welt und des Entwicklungsgedankens dar*. Die Aufklärung dieser allgemeinen Eigenschaften und die teilweise Entschlüsselung des genetischen Codes sind glanzvolle Leistungen der modernen Wissenschaft. Die molekularbiologische und biochemische Forschung hat hier, wie bei der Erforschung der Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels, zumindest gedanklich starke Impulse durch die Kybernetik bekommen.

Einen großen Beitrag zur Beantwortung vieler Fragen, die mit dem Problem des genetischen Codes zusammenhängen, leisteten die Untersuchungen von OCHOA (**114a**), KORNBERG (**88a**), CHARGRAFF (**22a**), NIRENBERG u. a. (**113a**). OCHOA wurde gemeinsam mit KORNBERG bereits im Jahre 1959 für seine Versuche zur enzymatischen Synthese von Nukleinsäuren mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Die Entschlüsselung des genetischen Codes – der Schlüsselschrift der Vererbung (wie SCHRÖDINGER (**147**) sagte) – ist wohl eines der aufregendsten Forschungsgebiete der jüngsten Zeit. Es begann mit dem genialen Experiment von MATTHAEI und NIRENBERG. Sie gaben in ein zellfreies System, das aus allen Aminosäuren und den zur Proteinsynthese

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

erforderlichen Enzymen [246] bestand, eine synthetische Ribonukleinsäure, die nur die Base U (Urazil) und damit das Code-Wort UUU enthielt. Von allen vorhandenen Aminosäuren wurde nur eine, und zwar das Phenylalanin, in die Polypeptidkette eingebaut. Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß das Triplett für Phenylalanin nur aus Urazil besteht und UUU heißt. Damit war das erste Code-Wort gefunden. Eine stürmische Entwicklung setzte nun ein. Insbesondere die Arbeitsgruppe um OCHOA sowie KORNBERG und Mitarbeiter prüften synthetische Polynukleotide mit bekannter Basenzusammensetzung auf ihre Möglichkeiten, den Einbau verschiedener Aminosäuren in Peptide zu veranlassen. Durch diese Methode der Variation der Basenzusammensetzung künstlicher Polynukleotide konnten bis heute 49 Code-Worte ermittelt werden. Aus der Übersicht S. 247 ist die Verteilung der Aminosäuren auf die Tripletts zu ersehen.

Der Code ist eine Vorschrift, die die Zuordnung der Informationen $I_k$ (k – 1, ... , s) der Menge der Informationen I zu den Wörtern $W_j$ (j = 1, ... , m) der Wortmenge W bewirkt. Es muß umkehrbar eindeutig jeder Information $I_k$ ein W zugeordnet werden:

$I_k \leftarrow \rightarrow W_j$

Das erfordert, wie schon deutlich gemacht wurde, daß die Menge W nicht kleiner sein darf als die Menge I, d. h., $s \leqq m$.

Es kann jedoch auch sein, daß nur eine Teilmenge von W mit Informationen belegt ist. Die durch die Abbildung erfaßten Worte werden zulässige Worte des Codes genannt. Jedes zulässige Wort ist interpretierbar, hat eine Semantik. Die anderen Worte haben keinen Sinn, es sind sogenannte Pseudoworte. Auch in unserem Falle des genetischen Codes zeigte es sich, daß verschiedene sogenannte Nonsense-Tripletts keine Aminosäure codieren, z. B. UAA und UAG. Von den 64 Möglichkeiten sind jedoch mehr als 20 sinnvolle Wortkombinationen. Die Versuche ergaben, daß eine Aminosäure durch mehr als ein Triplett codiert werden kann. Es zeigte sich jedoch, daß die verschiedenen Code-Worte, die für die gleiche Aminosäure in Frage kommen, nicht von gleicher Effektivität sind. Die Gesetzmäßigkeiten, die dieser Mehrfachcodierung zugrunde liegen, sind noch nicht ganz bekannt. Man muß auch berücksichtigen, daß die Information für die Regulation der Proteinsynthese selbst irgendwo niedergelegt sein muß, so daß auch aus dieser Sicht sicher mehr als 20 sinnvolle Kombinationen vorliegen müssen. Es wurde jetzt wahrscheinlich gemacht, daß die sogenannten Nonsense-Tripletts die Beendigung der Synthese einer Peptidkette herbeiführen und so gewissermaßen die „genetischen Kommata“ darstellen (GRUMMT und BIELKA, **46**).

Es gibt hier noch eine Reihe offener Fragen. Wir sehen jedoch, daß die Molekularbiologie bedeutsame Erkenntnisse über entscheidende Lebensprozesse gewonnen hat. Es erwies sich als außerordentlich fruchtbar, daß auch Mathematiker sich mit den hier auftretenden Zusammenhängen beschäftigen und das Grundlagenwissen aus der maschinellen Informationsverarbeitung zum Verständnis der Zusammenhänge herangezogen werden konnte. [247]

Der genetische Code

| | |
|---|---|
| **UUU** Phe | **UCU** Ser |
| **UUC** | **UCC** |
| UUA Leu | UCA Ser |
| **UUG** | **UCG** |
| **UGU** Cys | **UAU** Tyr |
| UGC | **UAC** |
| **UGA** Nonsense | **UAA** Nonsense |
| UGG oder Trypt | **UAC** |
| | |
| **CUU** Leu oder | **CUU** |
| **CUC** Nonsense | **CCC** |
| CUA Leu | **CCA** Pro |

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

| | |
|---|---|
| **CUG** | CCC |
| CGU Arg | **CAU** His |
| **CGC** | **CAC** |
| **CGA** Arg | **CAA** Glu-$NH_2$ |
| CGG | **CAG** |
| | |
| **AUU** Ileu | **ACU** Thr |
| **AUC** | **ACC** |
| AUA Met | **ACA** Thr |
| **AUG** | **ACG** |
| **AGU** Ser | **AAU** Asp-$NH_2$ |
| **AGC** | **AAC** |
| **AGA** Arg. oder | **AAA** Lys |
| AGG Nonsense | **AAG** |
| | |
| **GUU** Val | **GCU** Ala |
| GUC | GCC |
| GUA Val | GCA Ala |
| GUG | GCG |
| **GGU** Gly | **GAU** Asp |
| GGC | **GAC** |
| GGA Gly | **GAA** Glu |
| GGG | GAG |

Die Aminosäure-Einbauaktivitäten der halbfett gedruckten Tripletts wurden von NIRENBERG getestet, die Sequenzen der übrigen Tripletts wurden aus anderen biochemischen und mikrobengenetischen Untersuchungen erschlossen (A = Adenin, U = Urazil, C = Zyüosin, G = Guanin). (Aus GRUMMT und BIELKA, **46**.) [248]

### 7.5. Die Notwendigkeit des Nachweises kybernetischer Mechanismen in der einzelnen Zelle

Die entscheidende These, zu der uns die Analyse der komplizierten Informationsübertragung führt, ist, daß der spezifischen Basensequenz eines DNS-Abschnittes eine spezifische Aminosäuresequenz eines Eiweißes entspricht. Die spezifische Basensequenz eines DNS-Abschnittes ist die grundlegende Quelle für die Spezifität eines Proteins und damit für eine spezielle Stoffwechselreaktion in der lebenden Zelle. Die DNS ist ferner die grundlegende Quelle der Spezifität für die weitere DNS-Synthese.

DNS — RNS — Protein — Stoffwechselreaktion
|
DNS

Das ist eine entscheidende Erkenntnis, an deren Richtigkeit heute kaum mehr gezweifelt werden kann. Doch ist dies das Ergebnis einer bestimmten Forschungsrichtung, eines bestimmten Aspekts der Gesamtdynamik der einheitlichen Zelle. Vor allem kann die Betrachtung dieser Beziehung allein nicht das Problem der räumlichen und zeitlichen Koordination verschiedener Abläufe lösen. Diese Frage ist jedoch für die Anpassung des Stoffwechsels und für die Differenzierungs- und Entwicklungsprozesse von ausschlaggebender Bedeutung. Entweder herrscht Chaos, oder wir betrachten die Beziehung genetischen Materials zum Stoffwechsel als Steuerung im Sinne der Regelungstechnik, dann müßte die Steuerfunktion des genetischen Materials in ihm in allen Einzelheiten vorgegeben sein. „Jede mechanistische Interpretation, die die Beziehung zwischen genetischem Material und Stoffwechselgeschehen nur einseitig und linear in der Richtung vom genetischen Material zum Stoffwechsel hin sieht, gerät hier in einen unlösbaren Widerspruch“, schreibt BÖHME richtig. Und weiter: „Denn entweder muß angenommen werden, daß die Steuerungsfunktion des genetischen Materials in allen Einzelheiten im genetischen Material selbst vorgezeichnet ist, daß in ihm also

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sozusagen der gesamte Bauplan des Organismus prädeterminiert ist, oder es wird zur Vermeidung des Chaos im Stoffwechselgeschehen ein metaphysisches Prinzip, eine Entelechie, in den Organismus hineinverlegt. Beides führt aber in letzter Konsequenz zur Teleologie.“ (**16**, S. 446-447.)

Regelungstheoretische Überlegungen machen deutlich, daß das dreistufige Schema DNS-RNS-Protein, das die Beziehungen des genetischen Materials zum Stoffwechsel als Steuerung im Sinne der Regelungstechnik erscheinen läßt, vom Blickpunkt der Gesamtdynamik der Zelle nur ein Aspekt sein kann, der in seiner Verabsolutierung zu einer statischen Auffassung von der Zelle führen muß. Durch die alleinige Betrachtung dieses Aspekts kann das Problem der räumlichen und zeitlichen Koordination der verschiedenen Abläufe nicht gelöst werden; dies ist jedoch für die Aufhellung der Anpassung des Stoffwechsels, der Differenzierungs- und Entwicklungsprozesse von grund-[249]sätzlicher Bedeutung. Wie in der Technik vollzog sich auf der Grundlage solcher Überlegungen ein Übergang vom Denken in linearen Zusammenhängen zu einem Denken in zyklischen, geschlossenen Rückkopplungszusammenhängen. Wir können zeigen, daß in jüngster Zeit Molekularbiologie und Genetik selbst eine Reihe von Faktoren nachgewiesen haben, die für komplizierte Anpassungsmechanismen der einzelnen Zelle charakteristisch sind. Es erweist sich, daß die Gene als Knotenpunkte eines Regulationsgeschehens (WESSEL, **182**) anzusehen sind. Diese Interpretation, darauf macht BÖHME (**16**, S. 446-447) aufmerksam, hat insbesondere durch die neuesten Arbeiten zur Regulation der Genwirkung vor allem von JACOB, MONOD und WOLLMANN vollauf ihre Bestätigung gefunden. Für ihre Arbeit wurden diese Forscher mit dem Nobelpreis geehrt. Auf höherer Stufe tritt mit ihrer Konzeption erneut die funktionelle Auffassung von den Beziehungen zwischen Gen und Protein in den Vordergrund. Es werden Gedankengänge in die Genetik eingeführt, die das statische Bild verändern und sich mit der Dynamik des Geschehens befassen. Die Auffassungen von JACOB und MONOD (**63**) stellen eine in wesentlichen Punkten verbesserte Theorie der Eins-zu-eins-Übereinstimmung zwischen Gensystem und Enzymsystem dar. Unser Modell des Informationstransformators wird uns jedoch in der späteren Diskussion deutlich machen, daß damit die Konzeption des Präformismus noch nicht prinzipiell überwunden ist, denn in der Tat handelt es sich um die Induktion und Repression eingeborener genetischer Potenzen, also um die Expression vorhandener Gene.

Bei der Erforschung der Verwirklichung der genetischen Potenz sind verschiedene experimentelle Zutritte möglich. Der erste erwächst aus den Vorstellungen einer strukturellen Beziehung zwischen Gen und Protein bzw. zwischen Cistron und der Polypeptidkette. Daraus ergaben sich die experimentellen Versuche zur Berechnung des genetischen Codes.

Es zeigte sich, daß die materielle Grundlage für die physiologische Wirkung der Erbanlagen – Bestimmung der Aminosäuresequenz in den Eiweißen – in der Aufeinanderfolge von drei Nukleotiden besteht. Die drei Nukleotide bestimmen, welche Aminosäure in ein Eiweiß eingebaut wird, sie determinieren damit den Aufbau einer lebenswichtigen Substanz und damit die Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen.

Eine weitere experimentelle Richtung beschäftigt sich mit der Synthese von Makromolekülen. Ein großer Teil dieser Forschung richtete sich in den letzten Jahren auf die Trennung der Zellbestandteile mittels der Ultrazentrifuge. Es wurde immer deutlicher, daß die Orte, an denen die chemischen Reaktionen stattfinden, heterogen über das Zellvolumen verteilt sind. Es wurde ferner ermittelt, daß die Ribosomen als Hauptort der Eiweißsynthese zu betrachten sind. Dies bedeutet aber, daß die Erbinformation von der DNS des Zellkerns ins Zytoplasma gelangen muß, was vermittels der Messenger (Boten-) RNS geschieht. Die Erkenntnis solcher Vermittlersubstanzen ist außerordentlich wichtig zum Verständnis der Genaktivität. Mit der Boten-RNS als Übermittler der genetischen Information wird ein entscheidendes [250] dynamisches Element in das Geschehen eingeführt. Die ganze Operation der Übertragung der

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

strukturellen Spezifität von den Genen zu den Proteinen *ist jetzt in voneinander unabhängig veränderliche Teile zerlegt, und es kommt ein zeitabhängiges Transportproblem mit in das Geschehen*. Haben wir aber ein System mit voneinander unabhängig veränderlichen Größen, so ist eine Übereinstimmung dieser Größen nur mit Hilfe einer Steuerung oder Regelung zu erreichen. Mit der These, daß eine spezifische Stickstoffbasensequenz eines DNS-Abschnittes einer spezifischen Aminosäuresequenz eines Eiweißes entspricht, ist noch nicht geklärt, wie der räumliche und zeitliche Ablauf der Reaktionen aufeinander abgestimmt wird. Gerade die raumzeitliche Organisation der Abläufe ist jedoch entscheidend für die Angepaßtheit des Stoffwechsels und für die Entwicklungsprozesse des Organismus. Wir werden also wieder auf das Problem der Regulation gestoßen. So zielt auch schließlich eine dritte Forschungsrichtung darauf ab, die Regulation der Verwirklichung genetischer Potentialität zu analysieren.

Das zuvor diskutierte dreistufige Schema wird hier in entscheidenden Punkten erweitert. Der Gedanke der Regulation ist ein entscheidender Fortschritt, über dessen Konsequenz DELBRÜCK schreibt: „Dieses allgemeine Schema ist weiterhin an allen Ecken und Enden durchsetzt von Regelmechanismen – am Enzym, bei der Protein-Synthese und beim primären Informationsspeicher, dem Genom. Dieses Schema stellt ebensosehr eine Erweiterung des Rahmens der Genetik wie der Biochemie dar. In der Tat vereinigt es diese beiden großen Pfeiler der Biologie der letzten 50 Jahre so innig, wie die Maxwellsche Theorie der Optik mit dem Elektromagnetismus verschmolz. Was Wunder, wenn die Biologen heutzutage sehr vergnügt aussehen!“ (**25**, S. 12.) [251]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# 8. Teleonomische Mechanismen des Zellstoffwechsels

## 8.1. Ein Schritt zur Überwindung der Kluft zwischen molekularer und integrativer Biologie

Der immerwährende Stoffwechsel eines lebenden Systems mit seiner Umwelt ist charakterisiert durch außerordentliche Konstanz und weitgehende Variabilität. Diese beiden Eigenschaften bilden in ihrer Einheit die wesentliche Grundlage für die Anpassungsfähigkeit der lebenden Materie an die Veränderungen der Umwelt. Das Problem der Regulation ist für die Physiologie nicht neu, doch wenn Mediziner und Biologen von Regulation sprachen, hatten sie meist die nervale und hormonale Regulation im Auge und nicht so sehr die „einfachen“ Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels.

Im Laufe der Evolution des Lebens sind komplexe, außerordentlich feine Regulationsmechanismen entstanden, die ihre höchste Entwicklung in der hormonalen und nervalen Regulation gefunden haben. Die hormonalen und nervalen Regulationsmechanismen treten jedoch – auf Grund ihrer strukturellen Voraussetzungen – erst bei höherdifferenzierten Organismen auf. In jüngster Zeit wurde nun immer deutlicher, daß komplizierte Regulationsmechanismen auch bei jenen Formen des Lebens auftreten, die noch keine Hormone und keine Nervenzellen ausbilden. Bei Einzellern und auch innerhalb der Zellen höherer Organismen wurden Regulationsprozesse erkannt, die spezielle Erscheinungen der Genwirkung und der Enzymspezifität einbeziehen.

Solche „primitiven“ und vom stammesgeschichtlichen Gesichtspunkt aus primären Regulationsmechanismen bilden innerhalb der Zellen höherer Organismen das Grundsystem, auf dem die nervale und hormonale Regulation aufbaut. Ihr Wesen besteht in einem komplexen Ineinandergreifen durch Enzyme katalysierter chemischer Prozesse in Form zellulärer Fließgleichgewichte (RAPOPORT, **134**, S. 524 ff.). Auch die Kybernetik, soweit sie ihre Quellen in physiologischen Erkenntnissen hat, beschränkte sich bisher weitgehend auf höherdifferenzierte Organismen. Es ist daher nicht von vornherein evident, ob die spezielle Koordination und Regulation, wie sie in niederen Organismen oder in den frühen Stadien der embryonalen Entwicklung vorliegen (wo eine solche Differenzierung noch nicht stattgefunden hat), mit Hilfe einer Konzeption verstanden werden können, die an differenzierten [252] Organismen gewonnen wurde (ELSASSER, **31**). Es ist wahrscheinlich, daß hier Besonderheiten auftreten, die berücksichtigt werden müssen (SEGAL, **155**).

Wir sind gewöhnt, daß sich Lebewesen adaptiv verhalten und waren erstaunt darüber, daß auch technische Mechanismen ein solches Verhalten zeigen. Für das Gebiet, dem wir uns hier zuwenden, ist es in gewisser Weise umgekehrt. Wir haben uns daran gewöhnt, daß es dem Ingenieur gelungen ist, bestimmte Funktionsprinzipien in Maschinen zu verwirklichen, so daß sie zielstrebiges Verhalten zeigen können. Es ist aber ein gewisses Erstaunen in der wissenschaftlichen Literatur darüber zu bemerken, daß schon die individuelle Zelle über Regulationsmechanismen verfügen soll. Der Erforschung des Anpassungsverhaltens und auch des „Lernverhaltens“ der einzelnen Zelle standen eine Reihe praktischer und auch erkenntnistheoretischer Schwierigkeiten entgegen. Beides macht die historische Verzögerung dieser Forschungsrichtung der Biochemie verständlich.

Diese Richtung der Biochemie, die sich um die Aufklärung der Regulationsvorgänge im Zellstoffwechsel bemüht, hat starke Impulse durch die Kybernetik bekommen, die ja ganz allgemein den Gedanken der Regulation in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Forschens rückt. Die Beeinflussung durch Konzeptionen, wie sie in der Automatisierungs- bzw. Regelungstechnik entwickelt wurden, wird schon allein durch die weitverbreitete Benutzung des Begriffs „feedback“ deutlich. Sie tritt besonders klar in den ersten Arbeiten von UMBAR-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

GER (**171**) über die Entdeckung eines bestimmten Typs zellulärer Regulationsmechanismen hervor, der auch speziell durch den Begriff „feedback inhibition“ gekennzeichnet wird. Diese gedankliche Stimulierung ist ein wichtiger Beitrag der Kybernetik für die Weiterentwicklung der Wissenschaften, der es verdient, besonders herausgestellt zu werden, vor allem auch deshalb, weil er unabhängig von der Tatsache bestehen bleibt, daß sicher auch der Teil der Konzeptionen, Verfahren und Denkmethoden der Automatisierungs- bzw. Regelungstechnik, der Allgemeingültigkeit besitzt, im Bereich des Makromolekularen eine kritische Anwendung erfahren muß.

Die Erforschung der Regulation des Zellstoffwechsels steht gegenwärtig im Brennpunkt der biochemischen Forschung. Das Wesen dieser Regulation besteht in einem komplexen Ineinandergreifen durch Enzyme katalysierter chemischer Prozesse. Die einzelne Zelle ist in der Lage, ihren Stoffwechsel den gegebenen funktionellen Bedürfnissen und in Reaktion auf Veränderung der Umwelt anzupassen. Dies geschieht u. a. durch Veränderung der Qualität der Enzyme oder der Aktivität der Enzyme. Es sei hier nur auf den Mechanismus der Enzym-Induktion und -Repression und auf die sog. „feedback inhibition“ verwiesen.

Bei der Erforschung des Regulationsgeschehens im Zellstoffwechsel geht es im wesentlichen um folgende Frage: Können wir, nachdem viele Einzelreaktionen isoliert erkannt worden sind, einen Schritt weitergehen und die Prinzipien erkennen, nach denen die komplexen chemischen Prozesse für die Zwecke der einzelnen Zelle räumlich und zeitlich miteinander verbunden sind?

[253] Auch auf dem Niveau der einzelnen Zelle bleibt man nicht bei vitalistischen Gedankengängen stehen, sondern geht von unserer bisherigen Kenntnis über die chemischen Reaktionen aus und schreitet zur Erkenntnis der Gesetzmäßigkeiten der enzymatischen Reaktionsketten vorwärts. Die Erforschung der Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels setzt die genaue Kenntnis der Einzelreaktionen voraus. Der weiterführende Schritt ist der zur Erklärung des qualitativen Sprungs von der isolierten einzelnen Reaktion, vom unbelebten Molekül zum lebenden System. Damit ist der entscheidende Schritt zur Überwindung der letzten Reste vitalistischen Denkens in der biologischen Forschung getan, die vor allem mit dem Problem der Zweckmäßigkeit und dem der Ganzheit verbunden sind.

Um Einblicke zu gewinnen in die hier auftretenden Züge der Selbstregulation, der sprunghaften Veränderung, der Beziehungen der Konkurrenz sowie der Kooperation, der schon erwähnten Rückkopplungsbeziehungen und der Zyklusbildung, müssen an die Stelle rein analytischer Methoden analytisch-synthetische Methoden treten. Das System rein analytischer Methoden muß durch ein System synthetischer Methoden ergänzt werden. Es lassen sich z. B. analysierte Teilvorgänge derart zusammenfügen, daß sie mit dem zur Untersuchung stehenden biologischen Objekt wesentliche Züge gemeinsam haben.

Noch abstrakter als die modellmäßige „Rekonstruktion des Lebens“ ist die Möglichkeit, komplexe chemische Reaktionen auf Rechenautomaten modellmäßig darzustellen. Die mathematischen Modelle sind ein wichtiges Mittel zur Überwindung der Kluft zwischen molekularer Biologie und den biologischen Disziplinen, die den Organismus als Ganzes erforschen. Sie bieten weitere Möglichkeiten des synthetisch-analytischen Herangehens an die Erforschung des Zellstoffwechsels.

Die „biologische Regelkunde“ (bzw. die Biokybernetik), der es um die Anwendung regelungstheoretischer Prinzipien und Denkmethoden im Bereich der Biologie geht, hat sich in der Tat bisher auf den Bereich des höherdifferenzierten Organismus beschränkt. Es ist m. E. jedoch durchaus möglich, *auch die funktionelle Aktivität der individuellen Zelle vom allgemeinen logisch-mathematischen Schema der Automatisierungstechniker zu betrachten*, wenn dies auch, wie wir sahen und wie noch deutlicher werden wird, auf molekularem Niveau

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nicht unkritisch geschehen kann. Modelle der Automatisierungstechnik können einen wesentlichen Beitrag zur Forschung leisten, insbesondere da sie helfen, eine Brücke zu schlagen über die Kluft zwischen Molekularbiologie und integrativer Biologie.

Der Weg der Erkenntnis der biologischen Bewegungsform der Materie führt, vom Ganzen ausgehend, über die Analyse der Teile wieder zur Resynthese. Erst der letztere Schritt, mag er auch oft nur im Gedankenexperiment möglich sein, führt zur Vollendung der biologischen Forschung. Bisher haben wir jedoch in der Biologie als einer in hervorragender Weise experimentell arbeitenden Wissenschaft eine gewisse Zweiteilung der Disziplinen, d. h., eine Berücksichtigung allein der beiden ersten Schritte im Erkenntnisprozeß. [254] Einmal haben wir die Disziplinen der traditionellen Biologie, deren Gegenstand die Erforschung der Morphologie und des tatsächlichen ungestörten Verhaltens auf der Ebene der Organe und des ganzen Organismus ist (Probleme der Erhaltung des Lebens und pathologischer Erscheinungen, der Reproduktion und der Erregbarkeit usw.). Auf der anderen Seite steht die Molekularbiologie (Anwendung von Methoden der Physik und Chemie auf Lebensprozesse), die sich bemüht, die Ultrastruktur sowie die sich auf molekularer Ebene in der lebenden Materie vollziehenden Reaktionsmechanismen aufzuklären.

Trotz der großen Fortschritte, die bei der Erforschung dieser beiden Problemkreise durch die verschiedenen Disziplinen erreicht wurden, bleibt der Bereich zwischen der integrativen Biologie und der Biophysik sowie Biochemie noch weitgehend im Dunkeln: POLONSKY (**127**) spricht in diesem Zusammenhang von einer „tiefen Krise“, an der die Biologie tatsächlich leidet. Er führt aus, daß immer zahlreicher die Biologen, und nicht die geringsten unter ihnen, sich der tiefen Krise bewußt sind, so u. a. der ungarische Biochemiker SZENT-GYÖRGYI, mit dem WIENER die Konzeption seines epochemachenden Werkes diskutierte und, wie er vermerkt, Übereinstimmung in den Gedankengängen feststellen konnte.

WIENER schreibt: „Ich fand auch ein beträchtliches Interesse an diesem Gebiet von seiten der Mathematiker, Physiologen und Chemophysiker im Hinblick auf seine thermodynamischen Aspekte, besonders insoweit, als sie das allgemeinere Problem der Natur des Lebens selbst berühren. Tatsächlich hatte ich dieses Problem vor meiner Abreise in Boston mit Professor SZENT-GYÖRGYI, dem ungarischen Biochemiker, erörtert und hatte gefunden, daß seine Gedanken mit den meinen übereinstimmten.“ (**185**, S. 55.)

Dem Biologen wird immer bewußter, daß die „Kluft“ zwischen den verschiedenen Disziplinen ein Hinweis darauf ist, daß einige grundlegende Tatsachen, wenn nicht vielleicht eine ganze Dimension, im bisherigen biologischen Denken fehlt.

Einer der ersten, der die Kluft nicht nur erkannte, sondern tatkräftig daranging, sie mit Hilfe neuer experimenteller Wege zu überwinden, war HINSHELWOOD. Bakterienzellen erschienen ihm das beste Material für solche Untersuchungen. Er kennzeichnet die Situation wie folgt: „Ein guter Teil ist nun bekannt über die Vorgänge bei chemischen Reaktionen, homogene und heterogene, einfache und komplizierte. In einer Zelle ereignen sich Reihenfolgen solcher Reaktionen in einer genau zueinander geordneten Weise. Der Sitz der chemischen Veränderungen ist hauptsächlich eine komplexe Struktur großmolekularer Substanzen mit einer räumlichen Organisation, die mitwirken muß, die Zeitfolge der Reaktionen zu determinieren.
Die Frage ist, ob, nachdem wir etwas gelernt haben über die chemischen Reaktionen in der Isolierung, man nun einen weiteren Schritt tun kann und beginnen kann, die Prinzipien zu verstehen, nach denen sie räumlich und zeitlich für die Zwecke der lebenden Zelle verbunden sind.
Zurück zum Beispiel der Musik. Das Problem ist, ob man, nachdem man isolierte Themata studiert hat, eindringen kann in die Gesetze, durch welche Symphonien aufgebaut sind – oder sein sollten.“ (**54**, S. 3.)

[255] Die Erkenntnis der Regulation des Zellstoffwechsels setzt, da sie, auf der Kenntnis der Elementarvorgänge aufbauend, vorwärtsschreitet zu komplexen Lebensphänomenen, ein kompliziertes, ineinandergreifendes System desintegrierender und synthetischer sowie vergleichender Methoden voraus. Die Lebenserscheinungen beruhen auf vielen einzelnen Abläufen. Will der Naturwissenschaftler diese analysieren, so wird vom Ganzen ausgehend die funktionsbestimmenden Strukturen herauslösen müssen. Stufenweise hat er desintegrierende und isolierende Methoden anzuwenden, die ihn von der Kenntnis der Stoffwechselleistung

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

der intakten Zelle über das Homogenat bis zur Trennung des Enzyms von der Zellstruktur und durch Fraktionierungsmethoden zu gereinigten Enzymen führen. Er wird sich immer weiter von der komplexen Lebenserscheinung entfernen und sich solchen Teilvorgängen zuwenden, die sich aus der Wechselwirkung der molekularen Feinstruktur mit den sich an ihr vollziehenden chemischen Reaktionen verstehen lassen. „Diese Ableitung", schreibt NETTER, „fordert das Primat physikalisch-chemischer Anschauung in der biologischen Kausalanalyse", und er fährt dann fort: „Sie beansprucht dagegen nicht, das einzig mögliche Prinzip biologischer Forschung zu sein." (**112**, S. 1 f.) Dem in dieser Arbeit vertretenen Grundprinzip folgend kann man sagen: *Soweit es sich um Stoffwechselvorgänge und damit um eine Grundeigenschaft des Lebens handelt, läßt sich die biologische Bewegungsform der Materie als physikalisch-chemische Bewegung erklären, jedoch*, und das ist das Entscheidende, *auf einer neuen höheren Ebene der Komplexität des Systems und damit auch qualitativ unterschieden von der einfachen physikalischen und chemischen Bewegung der Materie*.

Wir erinnern hier nochmals an die Worte von F. ENGELS: „Die Physiologie ist allerdings die Physik und besonders die Chemie des lebenden Körpers, aber damit hört sie auch auf, spezielle Chemie zu sein, beschränkt einerseits ihren Umkreis, aber erhebt sich auch darin zu einer höheren Potenz." (**35**, S. 273.) Die analytische Methode muß durch die synthetische ergänzt werden. Auf Grund des genannten Prinzips müßte erwartet werden, daß sich die vom physikalischen Chemiker untersuchten Teilvorgänge zu Funktionseinheiten höherer Ordnung zusammenfügen lassen, die mit den zur Untersuchung stehenden biologischen Phänomenen durchaus identisch werden. Ist dann die Biologie nur höhere, aber immer noch angewandte physikalische Chemie? Dies ist nicht der Fall, *denn es muß berücksichtigt werden, daß die Komplexität eines Systems nicht additiv zu behandeln ist, sondern daß durch den Zusammenschluß der Elemente und Teilvorgänge qualitativ neue Eigenschaften entstehen, die den Elementen und Teilvorgängen auch nicht teilweise zukommen.*

*Die quantitative Erhöhung der Komplexität eines Systems führt zu qualitativ neuen Verhaltensweisen*.

Wir haben im Vorangegangenen herausgearbeitet, daß es gerade bei der Erforschung des Lebenden gilt, die Kategorie des allgemeinen Zusammenhanges zu berücksichtigen. Es wurde die Vermutung geäußert, daß wir dann dem Problem der echten Dialektik von Ganzem und Teil näherkommen.

[256] Es wurde deutlich gemacht, daß man bei der Analyse der Teile biologischer Systeme nur bis zu einem gewissen Grad vom allgemeinen Zusammenhang abstrahieren kann. Diese Thesen können jedoch, ins Extrem getrieben, falsch aufgefaßt werden. Diese richtige Auffassung verabsolutiert, führt bei manchen Forschern zu der Meinung, die Eiweißkörper gar nicht als ein selbständiges System anzuerkennen, sondern nur als Kunstprodukte, die aus dem Zusammenhang mit dem Organismus herausgerissen, biologisch nicht vollwertig seien, d. h., auch keine vollwertige biologische Funktion ausüben können. Die Argumentation wird dann weitergetrieben in der Richtung, daß die gesamte chemische Erforschung der molekularen Struktur der lebenden Materie nur von geringem Nutzen sei für die biologische Forschung.

Das ist ein außerordentlich gefährlicher Trugschluß. ŠORM (**159**, S. 49) hebt hervor: „Der grundsätzliche Fehler dieser Ansicht besteht darin, daß sie die methodischen Besonderheiten der verschiedenen Wissenschaftszweige nicht berücksichtigt, insbesondere den Umstand, daß chemisch nur möglichst einfache und genau definierte (bestimmte) Substanzen oder Systeme untersucht werden können, zu denen noch die Eiweißmoleküle gehören, aber keineswegs ganze Systeme von Geweben oder Zellen, die sich aus einem bunten Gemisch der verschiedensten niedrig- und hochmolekularen Verbindungen zusammensetzen. Die Zelle als abgeschlossenes System kann der Gegenstand biologischer, gegebenenfalls mittels chemi-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

scher Methoden durchgeführter Forschung sein, doch kann sie vorerst nicht unmittelbar unter dem Gesichtspunkt des chemischen Baus untersucht werden.“ Die Eiweißstoffe sind die kompliziertesten chemischen Systeme. Insofern sie Teilsysteme des lebenden Systems sein können, gehören sie zur lebenden Materie. In ihren spezifischen Eigenschaften sind die Qualitäten des Lebens gegründet, und daher gibt uns ihre Erforschung auch Auskunft über das lebende System. Besonders augenfällig wird die Fehlerhaftigkeit der in Rede stehenden Konzeption, nach der aus dem Zusammenhang gerissene Moleküle gar keine Aussagen über das lebende System ermöglichen würden, durch die von uns hier hervorgehobene Methode der Modellierung. Die Erfahrungen zeigen nämlich, daß enzymatische Reaktionen, also durch Eiweißkörper vermittelte Prozesse, auch in wäßrigen Lösungen außerhalb des Körpers verwirklicht werden können.

Es ist möglich, aus dem Verband des Organismus herausgelöste Vorgänge wieder aneinanderzureihen. Es gelang, durch entsprechende Enzyme gesteuerte Reaktionen in der Weise aufeinanderfolgen zu lassen, daß Reaktionsgefüge verwirklicht wurden, wie sie sich in entsprechender Reihenfolge von Schritten auch im lebenden Organismus vollziehen.

RACKER und WU, die die Methode der Rekonstrukte vor allem vorantrieben, sind sich der Grenzen der Methode durchaus bewußt.

Sie schreiben: „Während der vergangenen drei Jahre sind einige Anstrengungen in unserem Laboratorium unternommen worden bei der Rekonstruktion des Lebens, wie Dr. P. COHN es scherzhaft nannte. Wir haben einzelne, hochgereinigte Enzyme der Glykolyse genommen und sie mit Mitochondrien zusammengetan, um ihre Wechselwirkung zu studieren. Wir teilen den Skeptizismus Dr. COHNs in bezug auf die Ähnlichkeit dieser [257] rekonstruierten Systeme in dem intrazellulären Stoffwechsel ... Wir wollen betonen, daß wir diese rekonstruierten Systeme nur als Modelle ansehen.“ (**129**, S. 205.)
In diesem Sinne schreibt auch RAPOPORT: „Solche Rekonstrukte tragen Modellcharakter; ihr Zweck ist nicht so sehr die komplette Nachahmung einer Zelle, als der, eine Reihe von Beziehungen im Stoffwechsel in übersichtlicher Form darzustellen.“ (**131**, S. 465.)

Es ist RACKER und WU in der Tat gelungen, mit Hilfe dieser künstlichen Verbindung von Mitochondrien und glykolytischen Enzymen solche Phänomene wie den Pasteur- und den Crabtree-Effekt zu simulieren. Es gelang ihnen, einen Pentosephosphatzyklus und die Bildung von Fruktose-1‚6-diphosphat aus Pyruvat zu rekonstruieren. Das Studium der Modelle. gibt die Möglichkeit, durch Variation der Komponenten etwas darüber zu erfahren, wie möglicherweise diese Phänomene zustande kommen. Diese Untersuchungen können jedoch die Forschung an der Zelle selbst nicht ersetzen. Das Modell stellt aber eine wichtige Stufe im Erkenntnisprozeß dar, und die hier an den zellfreien Extrakten gewonnenen Erkenntnisse gingen in die weitere Forschung an Zellen mit ein. Das Modell ist daher ein Mittel zur Annäherung an die Wirklichkeit (vgl. Abschnitt 4.4., S. 154 ff.).

*Die rasche und erfolgreiche Entwicklung der Modellmethode ist ein Ausdruck der allgemeinen Tendenz zur Synthese in den Wissenschaften. Es geht hier letztlich um die ganze Zelle als hochkomplexes, selbstregulatorisches System im Fließgleichgewicht. Rekonstrukte und mathematische Modelle der Automatisierungstechnik können einen Beitrag zur Forschung leisten. Einzelne Zellen* (*Bakterien, Erythrozyten*) *können wiederum als Modelle für die Erforschung elementarer Regulationsmechanismen in höheren Organismen angesehen werden* (vgl. RAPOPORT, **130**).

Wir wollen uns nun den verschiedenen Typen der Regulation des Zellstoffwechsels zuwenden. Unter Berücksichtigung allgemein-systemtheoretischer Gesichtspunkte im Sinne v. BERTALANFFYs, kybernetischer Überlegungen sowie der bisherigen Ergebnisse bei der Erforschung des Regulationsgeschehens in der einzelnen Zelle erscheint es mir sinnvoll, zwischen folgenden vier allgemeinen Typen der Regulation des Zellstoffwechsels zu unterscheiden:

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

1. Regulation auf der Grundlage der chemischen Massenwirkungen,
2. Regulation auf der Grundlage von Kinetik und Thermodynamik im offenen System,
3. Regulation durch Konkurrenz um ein gemeinsames Koenzymsystem (z. B. ADP/ATP oder NAD/NADH), wobei bei einigen der Konkurrenzbeziehungen (Angebot und Nachfrage) auch Rückkopplungsbeziehungen verwirklicht werden,
4. Regulation auf der Grundlage eines Regelkreises:
   a) Hemmung oder Förderung der Enzymaktivität (z. B. feedback inhibition),
   b) Hemmung oder Förderung der Enzymsynthese (Induktion und Repression).

[258] Wir werden zunächst auf die Notwendigkeit der Unterscheidung zwischen elementarem System mit Rückwirkung gegenüber denen mit Rückkopplung aufmerksam machen und dann die unter 3 und 4 genannten Typen der Regulation eingehender besprechen. Diese Regulationsmechanismen stehen in direkter Beziehung zur Struktur der Enzyme bzw. Nukleinsäuren. Sodann werden wir uns der unter Punkt 1 und 2 genannten Regulation ausführlicher zuwenden.

### 8.2. Selbstregulation – elementares System mit Rückwirkung

Das Verhalten jeder Enzymkette ist durch den begrenzenden Schritt, der die Schrittmacherreaktion darstellt, und durch die selbstregulatorischen Eigenschaften der enzymatischen Kette charakterisiert (RAPOPORT, **131**, S. 469). Dabei muß deutlich gemacht werden, daß zwischen Systemen mit Rückkopplung im Sinne der Automatisierungstechnik und Systemen mit selbstregulatorischen Eigenschaften, „elementaren Systemen mit Rückwirkung“ im Sinne der Automatisierungstechnik, unbedingt zu unterscheiden ist. Von seiten der Biologie (v. BERTALANFFY, **14**, CHANCE, **21**) und von seiten der Regelungstechnik (PESCHEL, **123**)[1] wird die Notwendigkeit der Unterscheidung zwischen verschiedenen Typen von Ausgleichsvorgängen gefordert. Es ist für beide Seiten wichtig, der weitverbreiteten Meinung entgegenzutreten, daß jede Form der Regulation auf Rückkopplung beruhe. Die gesamte Abschlußdiskussion auf dem CIBA-Foundation-Symposium (**88**) war dieser Problematik gewidmet, da hier in der Tat große Unklarheiten bestehen. Eine gewisse Gleichsetzung des Begriffs Rückkopplung mit der philosophischen Kategorie der Wechselwirkung in einem Teil unserer philosophischen Literatur hat sicher nicht zur Klärung der Situation beigetragen; die philosophische Kategorie der Wechselwirkung ist entschieden umfassender als die Kategorie der Rückkopplung im Sinne der Automatisierungstechnik.

Nach ASHBY liegt Rückkopplung vor, wenn x y beeinflußt und umgekehrt y x beeinflußt. Er hebt hervor, daß wir zwar Rückkopplung so allgemein wie möglich als Wechselwirkung definieren müssen, betont aber gleichzeitig, daß es sich hier um eine Elementarform des Zusammenhanges handelt, denn schon, wenn die Anzahl der sich gegenseitig beeinflussenden Teile auf vier steigt, so daß jedes die anderen drei beeinflußt, kann man allein 20 Kreise verfolgen. Wie ASHBY (**4**, S. 53 f.) betont, können diese 20 Kreise nicht als voneinander unabhängige Rückkopplungskreise behandelt werden, „sondern nur im Ganzen“. Auch in diesem Sinne ist die philosophische Kategorie der Wechselwirkung umfassender, allgemeiner und tiefer als der Begriff der Rückkopplung; einmal wird letzterer oft nur als notwendig-gesetzmäßiger Zusammenhang verstanden, zum anderen ist es ein Elementarzusammenhang, der selbst erst in der Wechselwirkung aufgeht.

[259] Es ist im Sinne von v. BERTALANFFY (**14**) zu unterscheiden zwischen der Regulation von Fließgleichgewichten auf Grund dynamischer Prinzipien der Kinetik und Thermodynamik in einem offenen System und den Regelungen, die man unter dem Begriff der Homöostase zusammenfassen kann und die auf dem Prinzip der Rückkopplung beruhen. Belegt man die Einstellung und Aufrechterhaltung des Fließgleichgewichts ebenfalls mit dem Begriff der Rückkopplung, so wird dieser letztlich zu einer naturphilosophischen Kategorie.

[1] Der Begriff des „elementaren Systems mit Rückwirkung“ wird hier vom Standpunkt der Regelungs- bzw. Automatisierungstechnik präzisiert.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Ein „elementares System mit Rückwirkung“ kann Erscheinungen zeigen, die denen der Regelung sehr ähnlich sind. Es muß auch in der Technik zwischen beiden Typen von Ausgleichsvorgängen unterschieden werden. Systeme, die an eine Quelle mit unendlicher Quellkapazität angeschlossen sind (PESCHEL, **123**), zeigen, obwohl die Rückkopplung ausgeschlossen wurde, selbstregulatorische Eigenschaften. Aus diesem Grund genügt nicht eine rein phänomenologische Definition der Rückkopplung, wie sie z. B. KREBS (**88**) auf dem CIBA-Foundation-Symposium gegeben hat, um hier differenzieren zu können. KREBS (**87**) definierte: „Der geregelte Prozeß erzeugt in seiner Entwicklung selbst Bedingungen, die für seinen weiteren Fortgang unvorteilhaft sind und damit die Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit verursachen. Diese Bremsung ihrerseits erzeugt wieder vorteilhafte Bedingungen, und das beschleunigt wiederum den Vorgang.“

KREBS hat bei seiner Definition u. a. die Konkurrenz um das ADP als Phosphatakzeptor im Auge. Die Produkte ADP und Phosphat sind Reaktionsteilnehmer in der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung, d. h. der Atmung und der Glykose. Die Bildung von ADP und Phosphat beschleunigt die Reaktion, und das führt wieder zu ihrem Verschwinden. In solchen Beziehungen der Konkurrenz finden wir nach KREBS das fundamentale Prinzip der Rückkopplung verwirklicht. Aber seine Definition umfaßt noch primitivere Formen der Regulation. Ein elementarer Regulationsmechanismus besteht in der Reversibilität der einzelnen elementaren Stoffwechselschritte. Die Durchsatzrate eines Enzymschrittes wird in ihrer Förderleistung durch das Ausmaß der Rückreaktion eingeschränkt und beim thermodynamischen Gleichgewicht aufgehoben. Da die meisten elementaren Stoffwechselreaktionen reversibel sind und dem Massenwirkungsgesetz gehorchen, wird dieses einen bedeutenden Anteil an der Regulation haben.

Die Verwechslung dieser Regulation mit Regelung sollte vermieden werden, da eben der Mechanismus nicht auf einem Regelkreis, sondern auf einem elementaren System mit Rückwirkung beruht. Jedoch besitzen die meisten Stoffwechselwege einen oder mehrere irreversible Schritte, die nicht durch Massenwirkung reguliert werden können. Das weist u. a. auf die Existenz anderer Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels hin.

Die Unterscheidung zwischen Regelung und Selbstregelung, Rückkopplung und elementarem System mit Rückwirkung ist auch für den Bereich höherdifferenzierter Organismen zu beachten. So werden z. B. geringere Blutzuckerstörungen durch die Leber im Sinne einer „Selbstregulation“ aus-[260]geglichen. Von einem Regelkreis sprechen wir nur dann, wenn wirklich eine Unterscheidung zwischen Regler und Regelstrecke möglich ist. Es handelt sich um einen Informationskreis, bei dem die Glieder des Systems rückwirkungsfrei miteinander verbunden sind.

### 8.3. Reaktionslenkung durch das ATP-ADP-System

Die Erforschung der Regulation des Zellstoffwechsels ist ein Brennpunkt der heutigen biochemischen Forschung. Die Problematik der Regulation des Zellstoffwechsels läßt sich aber zurückverfolgen bis zu den Arbeiten von PASTEUR. Nicht umsonst wird einer der wichtigsten regulatorischen Effekte im Zellstoffwechsel „Pasteur-Effekt“ genannt (RAPOPORT, **134**, S. 407). PASTEUR entdeckte eine grundsätzliche Beziehung zwischen der Atmung und der Gärung: die Hemmung der Gärung durch die Atmung. Die tierischen Gewebe zeigen in Gegenwart von Sauerstoff nur Atmung ($O_2$-Aufnahme) und keine Milchsäurebildung. Fehlt der Sauerstoff, so tritt Laktatbildung ein, und der Glukoseverbrauch erhöht sich.

Die Annahme PASTEURs, daß bei Hefezellen die Gegenwart von Sauerstoff die Glykolyse unterdrückt, konnte von WARBURG widerlegt werden. Spätere Untersuchungen zeigten, daß die Konkurrenz um das ADP (als Phosphatakzeptor) oder um das anorganische Phosphat die Ursache für die Konkurrenzbeziehungen zwischen Atmung und Glykolyse sind. Die Bezie-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

hungen zwischen Atmung einerseits und Glykolyse andererseits lassen sich durch die Konkurrenz verschiedener Enzyme um ein gemeinsames Koenzymsystem erklären. Das Adenylsäuresystem (ATP/ADP-System) ist ein zwischen zwei Zuständen, ATP (Adenosintriphosphat) und ADP (Adenosindiphosphat), pendelnder Katalysator (Abb. 21).

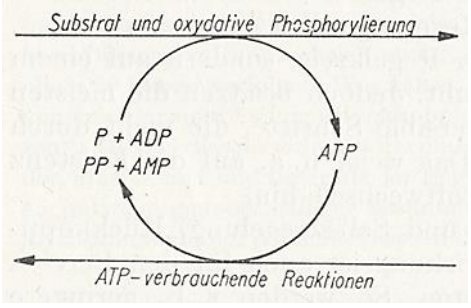



Abb. 21. Reaktionslenkung durch das ATP/ADP-System.

Es konnte gezeigt werden, daß die Atmung fest an die Gegenwart von ATP-Bausteinen (anorganisches Phosphat und ADP) gebunden ist.

Die beim Abbau von Kohlenhydraten durch Glykolyse (bzw. Gärung) und Atmung freigesetzte Energie dient der Synthese von ATP und ADP und anorganischem Phosphat; beide Vorgänge konkurrieren daher um diese [261] Substanzen. Die Atmung benötigt ADP und anorganisches Phosphat, aber auch die Gärung bedarf des anorganischen Phosphats und in einigen Reaktionen auch des ADP als Phosphatakzeptor.

Werden also durch die mit der Atmung verbundene intensive Phosphorylierung anorganisches Phosphat und ADP verbraucht, so kommt es zu einer Verminderung dieser Substanzen in der Zelle und damit auch zur Hemmung der Milchsäurebildung. Wird die Glykolyse durch Mangel an ADP und anorganischem Phosphat eingeschränkt, so steht auch keine Brenztraubensäure für den Zitronensäurezyklus zur Verfügung, was wiederum zur Einschränkung der Atmungskette führt. Die Glykolyse liefert anaerobe Milchsäure. Gleichzeitig ist aber der Vorläufer der Milchsäure, die Brenztraubensäure, das Substrat für den Zitronensäurezyklus. Dies läßt den engen Zusammenhang zwischen beiden Vorgängen deutlich werden.

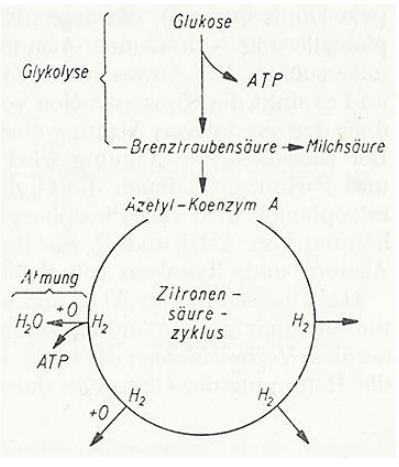



Abb. 22. Vereinfachtes Schema der ATP-Bildung.

Bei Sauerstoffmangel erfolgt keine oxidative Phosphorylierung, so daß durch Spaltung von ATP genügend Phosphat und ADP vorhanden sind. Das Entscheidende ist, daß sich die Reaktionen nur mit der Geschwindigkeit vollziehen können, mit der durch energieverbrauchende Reaktionen (Muskelarbeit, Syntheseprozesse usw.) ATP verbraucht wird, d. h., ATP sich in ADP und P spaltet, die somit wieder zur Verfügung stehen. Wenn einer der Faktoren – entweder anorganisches Phosphat oder ADP – im Überschuß vorhanden ist, kann man experi-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

mentell durch Zugabe des begrenzenden Faktors – oder, im Normalfall, bei Muskelarbeit – die Atmung bis auf das 100fache der Grundatmung stimulieren. Innerhalb bestimmter Grenzen ist die Atmung proportional der Konzentration des begrenzenden Faktors. Sobald alles ADP bzw. anorganisches Phosphat zu ATP umgewandelt worden ist, kehrt sie wieder auf den gehemmten Grundzustand zurück (Abb. 22). Es ist damit deutlich, daß eine Kontrolle der Atmung durch den Energiebedarf [262] gegeben ist. Bei der Atmungskontrolle durch den Energiebedarf ist der Verbrauch an ATP gewissermaßen der Regulator der Atmung; die Konzentration des jeweils begrenzenden Faktors ist der Träger der Information. Dies sind die Signale, die es ermöglichen, die Atmung der Zelle den jeweiligen funktionellen Anforderungen und Umweltbedingungen anzupassen. Der Mechanismus der Atmungssteigerung besteht also darin, daß bei energieverbrauchenden Prozessen (wie der Muskelarbeit) ADP und anorganisches Phosphat freigesetzt werden, die dann die Atmung stimulieren. Diese Substanzen können daher auch als Stellglieder verstanden werden, die die Intensität der inneren Atmung auf das den funktionellen Anforderungen entsprechende Niveau *einschwingen* lassen.

Die Produkte ADP und Phosphat sind, wie hervorgehoben wurde, Reaktionsteilnehmer in der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung, d. h. der Atmung und der Glykolyse. Die Bildung von ADP und Phosphat beschleunigt die Reaktion, und das führt wieder zu ihrem Verbrauch. Der Prozeß selbst schafft also in seinem Verlauf Bedingungen, die seinen weiteren Fortgang hemmen. Diese Hemmung schafft im weiteren Verlauf wieder günstige Bedingungen, so daß der Prozeß beschleunigt wird. In solchen Konkurrenzbeziehungen ist nach KREBS das fundamentale Prinzip der Rückkopplung verwirklicht.

Es sei hier nochmals vermerkt, daß nicht jede Regulation auf dem Prinzip der Rückkopplung beruht. Man muß unterscheiden zwischen „Systemen mit Rückkopplung“ und „elementaren Systemen mit Rückwirkung“, welche selbstregulatorische Eigenschaften zeigen, wie z. B. die Regulation von Fließgleichgewichten auf Grund dynamischer Prinzipien der Kinetik und Thermodynamik in einem offenen System. Wichtige Einblicke in den Zusammenhang zwischen der Regulierung von Atmung und Phosphorylierungsvorgängen wurden gewonnen, als man die Wirkung bestimmter Stoffe (wie Dinitrophenol), die eine „Entkopplung“ zwischen Atmung und Phosphorylierung – d. h. eine Atmung ohne Phosphorylierung – herbeiführen, untersuchte. Bei Anwesenheit von Sauerstoff wird vermehrt ATP gebildet, und es sinkt die Konzentration von ADP und P. Die Glykolyse bedarf gegenüber der oxydativen Atmung einer höheren Konzentration von ADP und P. Bei Einsetzen der Atmung wird auf Grund der stark verminderten ADP- und P-Konzentrationen die Glykolyse unterdrückt. Durch Zusatz von Dinitrophenol wird die Phosphorylierung eingeschränkt, es kommt zur Erhöhung von ADP und P. Sie liegen dann in solchem Überschuß vor, daß Atmung und Glykolyse sich gleichzeitig vollziehen können.

Der Überschuß von ADP und anorganischem Phosphat bedingt also nicht nur eine maximale Atmung, sondern auch das Auftreten von Glykolyse unter aeroben Verhältnissen; dies bedeutet nun wiederum, daß der Pasteur-Effekt, die Hemmung der Glykolyse durch die Atmung, aufgehoben ist. [263]

### 8.4. Feedback inhibition

Es erweist sich als notwendig, die Endprodukte von Stoffwechselabläufen (Stoffwechselwegen) zu regulieren. Das kann durch Rückwirkung des Endprodukts bereits auf dem ersten spezifischen Schritt einer Stoffwechselkette geschehen. Dann ist die Geschwindigkeit des gesamten Stoffwechsels abhängig von der Akkumulation des Endproduktes. Dieses Prinzip der Regulation (feedback inhibition) besteht also in der Hemmung eines Stoffwechselweges durch sein eigenes Endprodukt. Dieses Prinzip der Rückkopplung wurde von UMBARGER (**117**, S. 848) bei der Synthese der Aminosäure Isoleuzin entdeckt (Abb. 23 [nächste Seite]).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Inzwischen konnte festgestellt werden, daß die meisten, wenn nicht alle Stoffwechselwege, die zur Synthese eines wesentlichen Stoffwechselprodukts (eines Metaboliten) führen, auf diesem Prinzip beruhen. UMBARGER hatte festgestellt, daß Isoleuzin seine eigene Synthese aus den Zwischenprodukten des Kohlenhydratstoffwechsels Pyruvat und Oxalazetat in Abhängigkeit von ihrer Konzentration im Reservoir (pool) der Zelle hemmen kann. Das Isoleuzin blockiert das Enzym Threonindeaminase, das die Umwandlung von Threonin in $\alpha$-Ketobutyrat katalysiert. Die Threonindeaminase wird von dem Isoleuzin gebunden und damit der Zutritt des Threonins an die aktiven Zentren des Enzyms verhindert. Auf der Grundlage der Untersuchung weiterer Regulationsmechanismen dieser Art kann verallgemeinernd gesagt werden: In der Regel ist das Endprodukt irgendeines gegebenen Stoffwechselweges ein starker spezifischer Hemmstoff seiner eigenen Synthese.

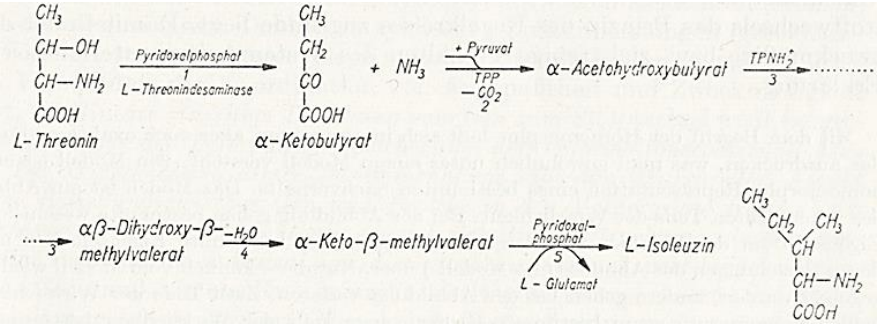



Abb. 23. Biosyntheseweg des Isoleuzins, in dem erstmals von UMBARGER (**171**) die Existenz eines (negativen) Rückkopplungsmechanismus nachgewiesen werden konnte.

Es ist ebenso die Regel, daß nur ein Enzym (gewöhnlich das erste in jeder Stoffwechselkette) für diesen Effekt verantwortlich ist.

Trotz der außerordentlich großen physiologischen Verschiedenheit der Regulationssysteme ist es MONOD und JACOB (**107**) gelungen, allgemeine Gesetzmäßigkeiten festzustellen, die die Funktionsstruktur dieser Regulationsmechanismen betreffen. Es ist offensichtlich, daß das Protein, welches für [264] diese elementare Wechselwirkung verantwortlich ist, eine spezifische Funktion zur Regulation und Koordination besitzt. Es wird angenommen, daß diese Proteine mindestens zwei voneinander verschiedene Rezeptorseiten besitzen. Eine von ihnen, die aktive Seite, bindet das Substrat und ist entscheidend für die biologische Aktivität des Proteins. Die andere (allosterische) Seite ist spezifisch gegenüber der Struktur eines anderen Metaboliten (dem allosterischen Effektor), der von dieser Seite spezifisch und reversibel gebunden wird. Es wird angenommen, daß die Bildung des Enzym-allosteric-Effektor-Komplexes eine Veränderung der molekularen Struktur des Proteins herbeiführt, so daß die Eigenschaften der aktiven Seite verändert werden. JACOB und MONOD nehmen an, daß ganz allgemein jeder Endprodukthemmung eine spezifische Struktur (Konformation) des Eiweißkörpers zugrunde liegt, daß bestimmte Gruppen des Moleküls sich jeweils in einer unterschiedlichen Stellung befinden und dadurch das Auftreten oder Ausbleiben bestimmter biochemischer Reaktionen verständlich machen.

Die Wechselbeziehung zwischen dem Isoleuzin (dem Endprodukt) und der Threonindeaminase (dem Enzym) konstruiert nach dem Gesagten einen Regelkreis. Im Sinne der Technik liegt hier negative Rückkopplung vor.

Der Regelmechanismus bewirkt, daß Isoleuzin erst dann synthetisiert wird, wenn sein Niveau im Pool weitgehend reduziert worden ist. Wird andererseits wenig Isoleuzin für die Proteinsynthese verbraucht, dann häuft es sich an und hemmt in der beschriebenen Weise seine eigene Synthese, bis das Niveau des Isoleuzins im Pool wieder gesunken und damit die hemmende Wirkung zurückgegangen ist, d. h., bis Synthese und Verbrauch miteinander übereinstimmen. Diese Regulation ist offensichtlich einer gewöhnlichen Wasserstandsregulation

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

vergleichbar, wobei das funktionelle Verhalten des Enzyms dem eines Ventils entspricht (FUCHS-KITTOWSKI, **40**, S. 185). Es konnte daher angenommen werden, daß auf Grund dieser Homomorphierelation eine Wasserstandsregulation oder entsprechend geschaltete Stromkreise Modelle für die hier betrachtete Regulation sein können. Das ist aber schon eine Frage, die über die hier gestellte Thematik hinausgeht. Wir wollen hier nur zeigen, daß diesem teleonomischen Mechanismus des Zellstoffwechsels das Prinzip des Regelkreises zugrunde liegt. Damit findet das zweckmäßige bzw. zielstrebige Verhalten des Systems eine materialistische Erklärung.

Mit dem Begriff der Homomorphie läßt sich in abstrakter, aber auch exakterer Form das ausdrücken, was man gewöhnlich unter einem Modell versteht. Ein Modell ist eine homomorphe Repräsentation eines bestimmten Sachverhalts. Das Modell ist ein Abbild des untersuchten Teils der Wirklichkeit. Bei der Abbildung gehen bestimmte wesentliche Eigenschaften des Urbildes und deren Beziehungen auf bestimmte Eigenschaften und deren Beziehungen des Abbildes (des Modells) über. Nur diese können vom Modell wiedergegeben werden, andere gehen bei der Abbildung verloren. Zwei Teile der Wirklichkeit heißen homomorph, wenn bestimmte Größen eines Teils der Wirklichkeit bestimmten Größen aus dem anderen Teil der Wirklichkeit eindeutig zugeordnet werden können, vgl. Abschnitt 4.4.

[265] Die feedback inhibition ist ein Regulationsvorgang auf der Ebene der Enzymaktivität. Ein Folgeprodukt des Stoffwechsels wirkt auf ein Enzym, einen für diese regulatorische Aufgabe besonders spezialisierten Eiweißkörper. Die Folgeprodukte des Stoffwechsels, die mit einer spezialisierten Proteinstruktur in dieser Weise in Wechselwirkung treten, können als spezifische metabolische Signale angesehen werden. Diese Signale informieren die Zelle über das zytoplasmatische Niveau der verschiedenen Metabolite und ermöglichen es ihr, den Stoffwechsel den funktionellen Anforderungen und den Umweltbedingungen entsprechend zu regulieren. Hier liegt Rückkopplung, Informationsübertragung und Verarbeitung im Sinne technischer Regelung vor. Wir können somit auch die einzelne Zelle als ein kybernetisches System auffassen.

### 8.5. Induktion und Repression der Eiweißsynthese

Die Veränderung der Enzymsynthese durch Induktion und Repression ermöglicht es den Mikroorganismen, sich durch Bildung neuer Enzyme an eine Nahrung anzupassen, die ihnen unter normalen Bedingungen fremd ist; oder auch bestimmte Enzyme nicht zu bilden, wenn die Stoffe, für deren Synthese sie notwendig sind, in dem Nährmedium bereits vorhanden sind.

Dieser für die Ökonomie der Zelle außerordentlich wichtige Mechanismus, durch den die genetische Aktivität reguliert wird, beruht auf einer Wechselbeziehung zwischen verschiedenen Bereichen des Nukleinsäuremoleküls und Wechselbeziehungen zwischen dem Nukleinsäuremolekül und dem Zytoplasma. Betrachtet man nur die geradlinige Beziehung zwischen Basensequenz der DNS und der Aminosäurensequenz des Proteins, die Beziehung zwischen Vererbung und Stoffwechsel als reine Steuerung im Sinne der Regelungstechnik, so wird man schwer eine ausreichende Erklärung für die raumzeitliche Koordination und für die relative Angepaßtheit des Stoffwechsels finden. Wir sagten, daß erst der Übergang vom Denken in linearen (offenen) Kausalketten zu einem Denken in zyklischen Zusammenhängen (geschlossenen Kausalketten oder besser teleonomischen Zusammenhängen, vgl. S. 135 f.), zum Verständnis der Koordination von Angepaßtheit und Zweckmäßigkeit führt. *Die lineare einseitige Beziehung vom Gen zum Stoffwechsel wirft interessante Probleme der Informationsspeicherung, der Informationscodierung usw. auf. Die Untersuchung dieser Zusammenhänge läßt den strukturellen Aspekt in der Beziehung zwischen Gen und Protein in den Vordergrund treten. Vom Gesichtspunkt der Gesamtdynamik erweist sich diese Betrachtung als eine notwendige und fruchtbare Abstraktion, die jedoch nur einen Aspekt berücksichtigt.*

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Das Gen muß als ein Knotenpunkt im Regulationsgeschehen des Stoffwechsels angesehen werden. Immer mehr Befunde weisen darauf hin, daß die Gene nicht nur – durch die sogenannten *Strukturgene* (JACOB und MONOD, **631**) bzw. Informationsgene (RAPOPORT, **134**, S. 185) – eine spezifische Grund-[266]ausstattung an bestimmten Stoffwechselkapazitäten der Zelle bedingen, sondern durch sogenannte *Regulatorgene* auf viele Vorgänge der Regulation des Stoffwechsels einwirken. Es handelt sich hier um die Regulation der genetischen Potenzen. Die Ausprägung eines Gens ist im Rahmen dieses Spektrums von Möglichkeiten im einzelnen verschieden.

Die Zelle ist in der Lage, die spezifische Synthese von Protein – und damit vieler wichtiger Metabolite – in Übereinstimmung mit den funktionellen Bedürfnissen und den Umweltbedingungen zu regulieren. Diese Tatsache verlangt die Existenz genauer Regulationsmechanismen, die qualitativ und quantitativ die phänotypische Realisierung (Transkription und Translation) der genetischen Information determinieren. Es geht darum, die Beziehungen zwischen genetischem Material und Zytoplasma in seiner wechselseitigen Abhängigkeit zu studieren und damit zu erkennen, wie die in den Genen enthaltene funktionelle Potentialität ihre phänotypische Äußerung bzw. Ausprägung erhält.

Die Analyse der genetischen Aspekte der Regulationsmechanismen in der Proteinsynthese führten JACOB und MONOD zur Erkenntnis neuer Typen genetischer Einheiten. *Diese Erkenntnisse verlangen nach einem neuen Modell der Genwirkung*. Sie sind nicht mehr allein mit den bisherigen Ideen (linearer Betrachtung!) von der Übertragung der strukturellen Spezifität von Genen auf die Proteine vereinbar.

Auf Grund von Experimenten an Mikroorganismen wird angenommen, daß die DNS als der Informationsspeicher aus funktionell unterschiedenen Bereichen besteht, welche sich wechselseitig beeinflussen.

Die Aktivität eines bestimmten Bereichs der DNS (des Strukturgens), der die spezifische Struktur des Proteinmoleküls determiniert (die Sequenz für ein bestimmtes Polypeptid), wird durch einen ganz anderen Bereich (das Regulatorgen), der auch räumlich von ihm getrennt ist, kontrolliert. Das Regulatorgen determiniert – im Unterschied zum Strukturgen – nicht die spezifische Struktur von Enzymen und Strukturproteinen, sondern die Synthese einer zytoplasmatischen Substanz, eines *Repressors*, der die Aktivität des zu kontrollierenden Strukturgens blockiert. Da die verschiedenen Enzymkapazitäten eines bestimmten Stoffwechselweges zueinander in einem konstanten Verhältnis stehen, ist anzunehmen, daß schon bei dem ersten Schritt der Informationsübertragung (der Transkription) an der DNS eine Stoffwechselregulation vorliegt.

Das Regulatorgen kann die Synthese verschiedener Proteine beeinflussen, indem sich der unter seinem Einfluß gebildete Repressor an das sogenannte Operatorgen anlagert. Damit wird die Funktion des Operatorgens – Startpunkt für die Ablesung des Strukturgens zu sein – unterdrückt.

Erst dann, wenn – entweder durch Veränderung des genetischen Materials (Mutationen können die Sensibilität des Operators gegenüber dem Repressor verändern) oder durch das übrige Stoffwechselgeschehen (Induktion) – die Blockierung des Operators aufgehoben wird, kann die Übertragung der Sequenz auf die RNS und die Eiweißsynthese beginnen.

[267] Man kann verschiedene Situationen unterscheiden, durch die die Aktivität des Operatorgens beeinflußt wird: Das Operatorgen kann so verändert werden, daß es nicht mehr durch den Repressor blockiert wird – ein inaktiver Repressor kann synthetisiert werden – ein Repressor kann inaktiviert werden –, die Synthese des Repressors kann blockiert werden. Unter *Repression* verstehen wir die Hemmung der Enzymsynthese, d. h. ein Enzym, welches vorher gebildet wurde, wird nun nicht mehr produziert.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Bakterien synthetisieren z. B. über eine Anzahl enzymatischer Schritte die Aminosäure Arginin. Setzt man dem Nährmedium einer Bakterienkultur Arginin zu, so werden die Synthese verschiedener Enzyme der Argininsynthese und damit die Produktion von Arginin selbst verhindert. Die Bakterien verwerten dann das Arginin aus dem Nährmedium. Es liegt hier eine Repression der Enzymsynthese vor.

Es ist für die Zelle unzweckmäßig bzw. unökonomisch, einen Stoff zu synthetisieren, der ihr im Nährmedium im Überschuß angeboten wird. Das heißt jedoch nicht, daß eine bewußte Zielsetzung, daß Zweckhaftigkeit vorliegt; die Regulationsmechanismen haben sich vielmehr im Prozeß der Anpassung herausgebildet, da sie wahrscheinlich einen Selektionsvorteil bieten.

Im Falle der Repression wird angenommen, daß zunächst ein für sich inaktiver Repressor (Aporepressor) vorliegt. Er wird erst aktiviert durch ein Stoffwechselfolgeprodukt, welches häufig das Endprodukt eines Stoffwechselweges ist. Erst durch diese Verbindung wird er zum vollwertigen Repressor. Solange das Niveau des Endprodukts im Zytoplasma niedrig ist, werden die Enzyme synthetisiert. Die Synthese wird jedoch in dem Moment unterdrückt, in dem die Konzentration des Endprodukts ein bestimmtes Niveau erreicht hat, d. h., wenn die Zelle eine ausreichende Menge an Enzymen besitzt. Wie das Beispiel der Argininsynthese deutlich werden läßt, können durch das [268] Endprodukt des Stoffwechselweges mehrere nacheinander wirkende Enzyme (u. a. Azetylornithinase und Ornithintranskarbamylase) unterdrückt werden (Abb. 24).

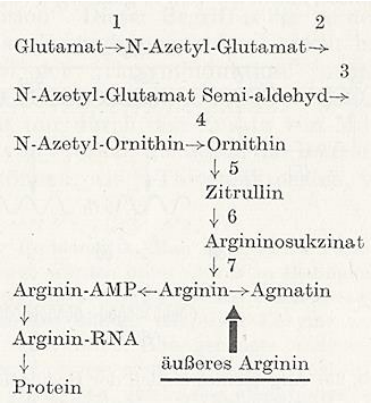



Abb. 24. Die Enzymsynthese von Azetylornithinase und Ornithintranskarbamylase, die den 4. bzw. 5. Schritt der Biosynthese von Arginin katalysieren, wird durch die Repressorwirkung von Arginin unterdrückt. [Abb. 24 auf Seite 267 des Buches]

Ist der betreffende Stoff in genügender Menge vorhanden, der Aporepressor also stark besetzt, so wird die Expression der Gene blockiert, die RNS-Menge sinkt, ebenso die Enzymmenge, und der gesamte Stoffwechselweg fällt wegen mangelnder Synthese seiner Enzyme aus. Dadurch verringert sich die Konzentration des Endprodukts dieses Stoffwechselweges, so daß der Aporepressor weniger besetzt ist und sich seine Hemmwirkung wieder verringert. Fehlt das die Repression hervorrufende Agens, so sprechen wir von Induktion; die Enzyme des vorher unterdrückten Stoffwechselweges werden synthetisiert.

Bei Bakterien hat sich die Synthese der meisten Enzyme, die ein exogenes Substrat angreifen, als induzierbar erwiesen, d. h., die Gegenwart bestimmter Substrate läßt bei den Bakterien die Fähigkeit zu ihrer Verwertung entstehen.

Als Beispiel für die Induktion sei hier die durch Laktose induzierbare Enzymsynthese von $\beta$-Galaktosidase und $\beta$-Galaktosid-Permease erwähnt. Die verschiedenen Stämme der Coli-Bakterien unterscheiden sich z. B. hinsichtlich verschiedener Merkmale ihres Stoffwechsels. Es gibt Coli-Bakterien, welche Laktose nicht abbauen können, da ihnen das Laktose hydrolysierende Enzym $\beta$-Galaktosidase fehlt. Wird jedoch Laktose dem Nährmedium zugesetzt, so erwerben diese Coli-Bakterien die Fähigkeit, Laktose abzubauen, d. h., es wird das entsprechende Enzym $\beta$-Galaktosidase gebildet. Die Bildung der Enzyme $\beta$-Galaktosidase und $\beta$-Galaktosid-Permease wird durch das Laktosegen hervorgerufen. Entsprechend Abb. 25 wird im Genabschnitt $SG_1$ $\beta$-Galaktosidase gebildet und im Genabschnitt $SG_2$ $\beta$-Galaktosid-Permease. $SG_1$ und $SG_2$ sind Strukturgene. Vom Genabschnitt GR (dem Regulatorgen) wird der Repressor R gebildet, der die Enzymsynthese hemmt. Die dem Nährmedium zugesetzte Laktose wirkt als Induktor der Enzymsynthese, indem der vom Regulatorgen (GR) gebildete Repressor inaktiviert wird.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

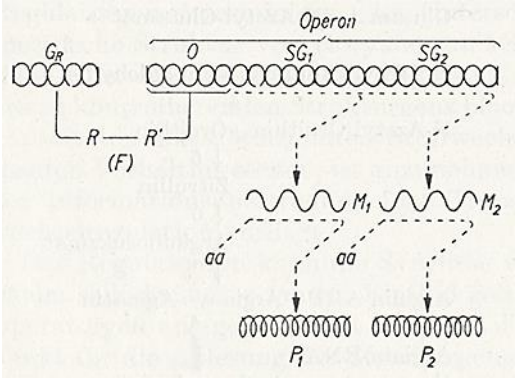



Abb. 25. Allgemeines Modell der Regulation der Enzymsynthese von JACOB und MONOD. $G_R$ = Regulatorgen; R = Repressor, der in Gegenwart des Effektors F (dem induzierenden oder hemmenden Metaboliten) in R′ überführt wird; O = Operator; $SG_1$ und $SG_2$ = Strukturgene; $M_1$, $M_2$ = Messenger-(Boten-) RNS, an $SG_1$ und $SG_2$ gebildet; aa = Aminosäuren; $P_1$, $P_2$ = Proteine, gebildet an Ribosomen, verbunden mit $M_1$ und $M_2$.

[269] Bei der Induktion und Repression liegt also eine Regulation auf molekularer Ebene vor. Sie beruht auf Wechselbeziehungen zwischen Genabschnitten und Folgeprodukten des Stoffwechsels. Der teleonomische Mechanismus zur Regulation der genetischen Aktivität besteht in einer Wechselwirkung zwischen verschiedenen Bereichen des Nukleinsäuremoleküls einerseits und dem Nukleinsäuremolekül und dem Zytoplasma andererseits.

Die Regulation der Eiweißsynthese setzt also ein System intrazellulärer Signale voraus, die aus zwei Anteilen bestehen; es sind einmal Signale, die vom Gen ausgehen, und zum anderen Signale, die die Zelle über das zytoplasmatische Niveau der verschiedenen Metabolite informieren. Damit ist der Zelle die Möglichkeit gegeben, ihre synthetische Aktivität den jeweiligen Anforderungen anzupassen.

Das Gen kann also als Regler und der Zellstoffwechsel als Regelstrecke aufgefaßt werden. Über den Weg vom genetischen Material zum Stoffwechsel liegen, wie wir sahen, bereits eine Reihe von Erkenntnissen vor; wenig bekannt dagegen ist die Funktion des Stoffwechsels als Differential der Genwirkung. Wichtig ist jedoch die Feststellung der engen wechselseitigen Beziehungen.

Es soll aber erwähnt werden, daß die Vorstellungen von JACOB und MONOD über die Induktion und Repression in manchen Punkten noch hypothetisch sind. Insbesondere konnte der Repressor bisher noch in keinem Falle chemisch ausreichend charakterisiert werden, und über die chemische Zusammensetzung, soweit sie mit indirekten Methoden zu bestimmen versucht wurde, liegen die widersprüchlichsten Angaben vor (STENT, **162**, S. 812; ROSENTHAL, **137a**).

Den Effekt, daß die Synthese bestimmter Enzyme in Mikroorganismen abhängig ist vom Vorhandensein des betreffenden Substrats, nannte KARLSTRÖM (1938) (**72a**) „enzymatische Adaption“. Dieser Begriff sollte verdeutlichen, daß es sich um eine Anpassung an Veränderungen der Umwelt handelt. Heute wird häufiger der Begriff der „Enzyminduktion“ benutzt (MONOD und COHN 1952, **106b**). MONOD konnte zeigen, daß *Escherichia coli* zur Synthese von *β*-Galaktosidase nicht nur durch den Zusatz von Milchzucker, sondern auch durch den Zusatz von Stoffen, die durch die Bakterien nicht abgebaut und verwertet werden können, wie *β*-Thiogalaktosiden, veranlaßt werden kann.

Es gab schon viele Diskussionen zu dieser Problematik. Man unterschied zwischen habituellen und adaptiven Enzymen: die ersteren würden unter normalen Bedingungen immer von der lebenden Zelle gebildet, während die letzteren erst auf einen speziellen Reiz hin nachweisbar würden. Die These von der Bildung adaptiver Enzyme wurde 1946 von SEVAG (**12a**) einer strengen Kritik unterworfen. Eine genauere Analyse hat gezeigt, daß bei gleichzeitiger Zellvermehrung eine genetische Mutation möglich ist. Schließt man aber die Zellvermehrung aus, so ergibt sich, daß in fast allen bisher beobachteten Fällen die entsprechenden spezifischen Enzyme schon vorhanden waren, doch war – infolge ungünstiger Milieubedingungen – die Wirkung gehemmt; die „Adaptation“ erwies sich als Enthemmung.

[270] Über den eigentlichen Mechanismus, der der Enzyminduktion zugrunde liegt, erhielt man erst in allerjüngster Zeit genauere Kenntnis. Man kann heute mit Sicherheit sagen, daß

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

bei der Neusynthese von Enzymen meist kein völlig neuer Prozeß ausgelöst wird, vielmehr heben die Veränderungen in der Umwelt die Blockade der Enzymsynthese in der Zelle auf. Wenn ein bestimmtes Substrat dem Nährmedium zugesetzt wird, kommt es plötzlich zur Bildung des betreffenden Enzyms, d. h., es muß ein Hemm-Mechanismus aufgehoben werden, es findet eine Enthemmung (Depression) statt. Die Geschwindigkeit der Synthese eines induzierbaren Enzyms kann durch den Zusatz eines Substrates oder einer verwandten Verbindung zum Nährmedium um mehr als das 1000fache stimuliert werden. Das erklärt die außerordentlichen Anpassungsphänomene von Bakterienzellen, wie sie u. a. von HINSHELWOOD (**54**) beschrieben wurden:

„Die Bakterien enthalten Enzyme, die fähig sind, eine große Mannigfaltigkeit chemischer Veränderungen hervorzurufen. Wenn sie neuen Lebensbedingungen ausgesetzt sind, zeigen sie bemerkenswerte Phänomene der Adaptation ... Es ist faszinierend zu untersuchen, ob die Prinzipien chemischer Kinetik ein Verhalten dieser Art vorhersagen.“

HINSHELWOOD betrachtete auch das Überleben von Bakterien in Anwesenheit von Giften als eine ähnliche Adaptation. Diese Auffassung ist aber falsch. Enzyme, die die Tolerierung des Giftes gestatten, treten nicht in der Mehrzahl der exponierten Zellen, sondern nur in etwa einer Zelle von hundert Millionen durch spontane Mutation auf (LEDERBERG und LEDERBERG, **93**, S. 399).

HINSHELWOODs Verdienst besteht darin, die Probleme der Adaptation, die, wie wir heute wissen, Probleme der Induktion und Repression sind, mit Nachdruck behandelt zu haben; damit stellt er die Frage der individuellen Anpassung der Zelle in den Vordergrund.

Der Erforschung des Anpassungsverhaltens der einzelnen Zelle standen neben einer Reihe praktischer Schwierigkeiten auch erkenntnistheoretische im Wege. Jede Anpassung wurde auf Mutation mit anschließender Selektion zurückgeführt und dabei die Möglichkeit der individuellen Anpassung nicht genügend berücksichtigt. Beide Formen müssen einander nicht völlig ausschließen. Es kann bisher die Möglichkeit nicht absolut abgelehnt werden, daß sie einander überlagern und sich durchdringen, allerdings ist heute noch nicht klar, auf welche Weise das der Fall sein könnte.

Es war schon lange gut bekannt, daß verschiedene Zellen innerhalb des gleichen Organismus nicht das gleiche „Enzymprofil“ besitzen, obwohl man mit Recht annehmen kann, daß sie das gleiche Genom enthalten. Dasselbe können wir von Bakterienzellen sagen, die aus einer Abstammungsreihe kommen, aber auf verschiedenen Nährböden gezogen wurden. Es muß also spezifische Mechanismen geben, die die Verwirklichung der genetischen Potenzen in bezug auf die Proteinsynthese regulieren. Zelluläre Regulationsmechanismen der Proteinsynthese, der Regulation genetischer Potenzen, sind von besonderer philosophischer Relevanz. Sie weisen darauf hin, daß die bemerkenswerten Phänomene der Adaptation von Bakterienzellen nicht als eine „Vererbung erworbener Eigenschaften“ anzusehen sind (wie dies z. B. von KOSSIKOW, **86**, S. 280 f., behauptet wird), sondern als eine kybernetische Reaktion auf Veränderungen der Umwelt im Sinne von Induktion und Re-[271]pression. Es liegt ein Regelmechanismus vor: ein Hemm-Mechanismus, der das Ablesen der Information verhinderte, wird aufgehoben. Das Bakterium beginnt nach dem Zusetzen des induzierenden Substrats zum Nährmedium unmittelbar (innerhalb weniger Sekunden) damit, das Enzym zu bilden. Aus dieser Tatsache wird der entscheidende Schluß gezogen: die potentiellen Fähigkeiten zur Bildung des Enzyms (das entsprechende Strukturgen) waren schon vorhanden; es wird meist kein völlig neuer Prozeß ausgelöst. Aus den verschiedenen Möglichkeiten, die die Zelle hat, wählt sie jeweils jene aus, die notwendig sind, bestimmten Umweltsituationen zu entsprechen. Wenn die spezifischen Enzymbildungssysteme erst auf Grund der Information aus der Außenwelt neu gebildet würden, wäre es nicht zu erwarten, daß diese Neubildung so plötzlich erfolgen könnte. Man müßte zumindest eine autokatalytische Phase erwarten, argumentiert PARDEE (**118**, S. 295-304). Er beruft sich auf die dargelegten Hypothesen von JACOB und MONOD, denen zufolge die Zelle zu jeder Zeit alle Enzymbildungssysteme enthält, die sie produzieren kann. Die Geschwindigkeit, mit der jedes dieser Systeme das passende Enzym erzeugt, ist abhängig vom entsprechenden intrazellulären Niveau der korrespondierenden Induktoren und Repressoren, und diese wiederum werden abhängig sein von der Zusammensetzung des Wachstumsmediums.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Hier tritt uns die Dialektik der Beziehungen von äußeren und inneren Faktoren entgegen, wie sie HEGEL für das Lebende charakterisierte; das Außen tritt als ein bestimmendes, aber nicht mehr – wie bei niederen Bewegungsformen der Materie – als das allein bestimmende Moment auf. Auf Grund dieser Ergebnisse wird eine (lamarckistische) Interpretation der Entstehung „adaptiver Fermente“ als Ergebnis einer direkten Einwirkung der Umwelt auf die Strukturen mit Erbinformation recht unwahrscheinlich.

Wir haben heute noch keinerlei Nachweis für eine Umkehrung des ribosomalen Protein-Synthesemechanismus, d. h. etwa einer spezifischen Programmierung der DNS oder RNS durch eine Proteinmatrix. Die Annahme eines rein informativen Molekularprozesses durch das Eintreten des Substrats oder z. B. eines Antigens wäre spekulativ. Andererseits ist es jedoch ebenfalls unwahrscheinlich, daß im Verlaufe der Evolution für die immense Vielfalt von Antigenen, ja auch für Kunstprodukte, das Syntheseprogramm aller möglichen Antikörper vollständig vorcodiert bzw. präformiert worden ist. Es ist dagegen wahrscheinlich – und es ließe sich eine entsprechende Hypothese formulieren –, daß es zu einer Zusammenlagerung verschiedener vorcodierter Teilprogramme kommt, d. h. ein Lernmechanismus auf molekularer Ebene vorliegt. Diese Hypothesen bedürfen sicherlich weiterer einzelwissenschaftlicher Prüfung. Doch ist die Frage berechtigt, ob das von uns geschilderte Schema der Regulation genetischer Potenzen ausreicht, alle bekannten Anpassungserscheinungen des Zellstoffwechsels zu erklären. Wie deutlich wurde, handelt es sich hierbei immer um die Expression schon vorhandener Gene. Ist jedoch auch die Antikörperbildung auf Grund der Wirkung völlig zell- oder organismusfremder Antigene nur eine Expression schon vorhandener Gene? Genügen somatische Mutationen zur Erklärung? Ist [272] vielleicht ein Lernmechanismus, vergleichbar mit dem Mechanismus lernender Automaten, auf molekularer Ebene denkbar? Sicher wird die Forschung noch völlig neue Fragestellungen aufwerfen und neue experimentelle Wege beschreiten müssen, um zu einer Klärung solcher Fragen zu kommen. Wir wollen uns diesen Fragen im nächsten Abschnitt zuwenden. Zuvor sollen noch einige Bemerkungen zum Problem der Zweckmäßigkeit gemacht werden.

### 8.6. Das Problem der Zweckmäßigkeit in kybernetischer Sicht

Wie herausgestellt wurde, ist der teleonomische Mechanismus von Induktion und Repression der Enzymsynthese außerordentlich wichtig für die Ökonomie der Zelle. Diese für den Stoffhaushalt zweckmäßigen Vorgänge ermöglichen die Anpassung der einzelnen Zellen an Veränderungen der Umwelt. Die Fähigkeit zum Abbau von Laktose z. B. ist für die Zelle nur dann vorteilhaft, wenn dieses Substrat auch im Nährmedium vorhanden ist. Wir sahen, daß beim Fehlen von Laktose im Nährmedium die Enzymsynthese blockiert wird; erst wenn das Substrat vorhanden ist, werden die notwendigen Enzyme induziert. Andererseits ist es für den Stoffhaushalt der Zelle unzweckmäßig bzw. unökonomisch, einen Stoff (z. B. Arginin) zu synthetisieren, wenn er der Zelle in genügendem Maße im Nährmedium zur Verfügung steht. Die Repression verhindert dann seine Synthese. Das System verhält sich also wiederum zweckmäßig. Was ist diese Zweckmäßigkeit? Sind wir berechtigt, diesen Begriff zu benutzen, obgleich die Zelle über kein Bewußtsein verfügt, um Zwecke zu verwirklichen, sich Ziele zu setzen? Auch früher waren sich Biologen bewußt, daß sie in der Forschung ohne die Begriffe der Zweckmäßigkeit, der Anpassung, der funktionellen Bedeutung, des Bedarfs, der Norm, der Organisation usw. nicht auskommen können. Da die von diesen Begriffen widergespiegelten Sachverhalte lange Zeit keine exakte Klärung fanden, waren sie oft eng mit idealistischen Gedankengängen verknüpft. Die teleologische Naturbetrachtung verzichtete auf eine exakte Kausalanalyse und begnügte sich mit der Feststellung, daß es so sei, weil es so zweckmäßig schien.

Diese flache Auffassung von der Naturnützlichkeit wurde von HEINE karikiert. Er beschrieb einen Bürger von Goslar, der ihm allerhand Spukgeschichten erzählte: „Er machte mich auch aufmerksam auf die Zweckmäßigkeit und Nützlichkeit in der Natur. Die Bäume sind grün, weil grün gut für die Augen ist. Ich gab ihm recht und

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

fügte hinzu, daß Gott das Rindvieh erschaffen, weil Fleischsuppen den Menschen stärken, daß er die Esel erschaffen, damit sie den Menschen zu Vergleichungen dienen können, und daß er den Menschen selbst erschaffen, damit er Fleischsuppen essen und kein Esel sein soll. Mein Begleiter war entzückt, einen Gleichgesinnten gefunden zu haben, sein Antlitz erglänzte noch freudiger, und bei dem Abschied war er gerührt.“ (**47**, S. 100 f.)

Schon KANT hatte sich entschieden gegen die flache Wolffsche Teleologie gewandt und in seinen „Kritischen Schriften“ den „teleologischen Gottesbeweis“ einer vernichtenden Kritik unterzogen. Der Darstellung KANTS (**72**) [273] folgend, besteht das Problem des teleologischen Gottesbeweises darin, daß wir überall in der Welt eine Anordnung nach bestimmter Absicht finden. Die uns umgebende Wirklichkeit bietet einen unermeßlichen Schauplatz von Mannigfaltigkeit, Ordnung, Schönheit und Zweckmäßigkeit. Der entscheidende Fehler in der Voraussetzung dieser Beweisführung liegt nach KANT in der Annahme, daß diese Zweckmäßigkeit den Dingen fremd sei, ihnen nur zufällig zukäme. Aus dieser fehlerhaften Prämisse wird dann der Schluß gezogen: Es muß eine erhabene Ursache existieren, die nicht als blind wirkende Natur, sondern als Intelligenz durch Freiheit die Ursache der Welt ist.

KANT polemisiert nicht nur gegen diesen vorgeblichen Beweis für die Existenz Gottes, sondern versucht auch zu bestimmen, was wirklich unter dem Naturzweck zu verstehen ist. Er schreibt: „Ich würde vorläufig sagen: ein Ding existiert als Naturzweck, wenn es von sich selbst ... Ursache und Wirkung ist“ (**72**, S. 296).

Es ist offensichtlich, daß KANTS Lösung des Problems der hier diskutierten Ansicht sehr nahekommt. KANT hebt hervor: „Ein organisiertes Produkt der Natur ist das, in welchem alles Zweck und wechselseitig auch Mittel ist. Nichts in ihm ist umsonst, zwecklos oder einem blinden Naturmechanismus zuzuschreiben“ (**72**, S. 304). An diesen dialektischen Grundsätzen, die mit der Entwicklung der klassischen deutschen Philosophie, insbesondere durch SCHELLING und HEGEL, weiter diskutiert wurden, hat sich sicher auch eine dialektisch-materialistische Lösung des Problems der Zweckmäßigkeit zu orientieren (KLAUS, **75**, KLAUS und THIEL, **79**, KAMARYT, **70**).

Deutlich tritt hier der Zusammenhang von Selbstbewegung, Wechselwirkung und Zielstrebigkeit hervor; dieser Zusammenhang ist die Grundlage für ein materialistisches Verständnis des Problems.

Der entscheidende Fehler, der dem teleologischen Gottesbeweis schon bei ARISTOTELES zugrunde lag, war eine zu vereinfachte Materiekonzeption. Materie wird nur als passiver Stoff gesehen.

Die kybernetische Betrachtungsweise bringt Klarheit in das Problem der Zweckmäßigkeit. In Verbindung mit dem Begriff der Rückkopplung kann eine exakte Definition dessen gegeben werden, was unter Zweckmäßigkeit bzw. zielgerichtetem Verhalten eines lebenden Systems zu verstehen ist. „Vom Gesichtspunkt der Kybernetik“, schreibt ASHBY, „ist ein Verhalten adaptiv, wenn es die wesentlichen Variablen eines Organismus innerhalb physiologischer Grenzen hält.“ (**4**, S. 58.)

Die überzeugende Macht der kybernetischen Betrachtungsweise in bezug auf die materialistische Erklärung der Zweckmäßigkeit lebender Systeme benutzt vor allem auch HINSHELWOOD in mehreren seiner Veröffentlichungen. Gemeinsam mit DEAN schreibt er z. B.: „Die Zelle zeigt außerordentliche Phänomene der Anpassungsfähigkeit, der ‚Zweckmäßigkeit‘. Es handelt sich aber nicht um ‚Zweckmäßigkeit‘, sondern um Kybernetik.“ (**24**, S. 311-328.)

Er unterscheidet also zwischen bewußter Zweckmäßigkeit, Zielsetzungen, wie sie nur der Mensch sich stellen kann, und zweckmäßigem Verhalten im Sinne der Kybernetik.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[274] Unter dem Gesichtspunkt der Kybernetik schreibt WIESER: „In linearen Reaktionsketten läßt sich die Aufeinanderfolge der einzelnen Schritte kausal völlig beschreiben. In kreisförmigen Reaktionsketten gilt für die einzelnen Stadien des Reaktionsablaufes auch die kausale Beschreibung; für die Zustände des Gesamtsystems jedoch läßt sich eine teleologische Beschreibungsform anwenden, die der kausalen Beschreibung in keiner Weise widerspricht.“ (**186**, S. 16.)

Die „teleologische“ ist von der kausalen Beschreibung unterschieden nur in der Sicht, von der aus der Reaktionsverlauf betrachtet wird. Dieser Gedanke wurde 1943 erstmals in einem Artikel von ROSENBLUETH, WIENER und BIGELOW (**137**) formuliert, auf den sich auch die Ausführungen WIESERS beziehen. Nur zwei Jahre vor dem Erscheinen dieses Artikels konnte RUSSELL noch schreiben:

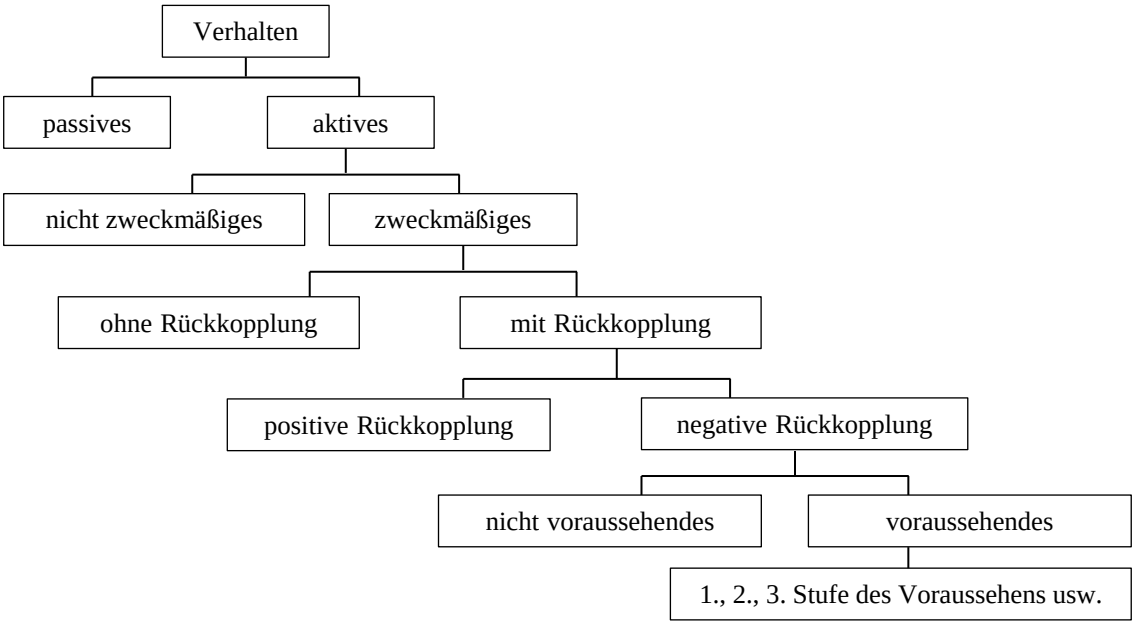
„Als Philosophie ist Materialismus einfach Unsinn, warum dann die Biologie darauf aufbauen?“ (**140**, S. 8). Einige Seiten weiter lesen wir: „Grundlegend für eine freie Biologie, wie wir sie fordern, ist die Annahme der Zielgerichtetheit als nicht weiter zurückführbares Charakteristikum des Lebens, das weder im Sinne eines Mechanismus noch als bewußte Zweckhaftigkeit erklärt werden kann.“ (**140**, S. 11.)

Dies wurde in einer Zeit geschrieben, in der es Mathematikern, Technikern und Physiologen in enger Zusammenarbeit gelang, das Prinzip der Zielstrebigkeit auch in technischen Systemen zu realisieren und damit Verhaltensweisen zu verwirklichen, die zuvor nur im Zusammenhang mit Lebewesen beobachtet werden konnten. Das Charakteristikum der Zielgerichtetheit wurde damit entgegen der Annahme von RUSSELL auf einen physikalischen (im Bereich der Technik) oder physiko-chemischen (im Bereich der Biologie) Vorgang bzw. Mechanismus, auf das Vorhandensein von negativer Ruckkopplung zurückgeführt. Die Entwicklung des Forschungsgebietes, das 1948 zur Geburt der Kybernetik führen sollte, begann daher nicht zufällig mit der Diskussion der Begriffe Verhalten, Zweckmäßigkeit und Teleologie. In ihrem Artikel kommen ROSENBLUETH, WIENER und BIGELOW (**137**) zu einer interessanten Klassifizierung der Verhaltensweisen (vgl. S. 263). Die Kategorie der Zweckmäßigkeit wird von ihnen als objektive Kategorie behandelt. Es wird deutlich gemacht, daß zweckmäßiges Verhalten ein aktives Verhalten der Materie, Selbstbewegung, zur Voraussetzung hat und sich auf das Vorhandensein von negativer Rückkopplung zurückführen läßt. Von einer anderen Periode der Wissenschaftsentwicklung schrieb ENGELS: „KOPERNIKUS, im Anfang der Periode, schreibt der Theologie den Absagebrief; NEWTON schließt sie mit dem Postulat) des göttlichen ersten Anstoßes. Der höchste allgemeine Gedanke, zu dem diese Naturwissenschaft sich aufschwang, war der der Zweckmäßigkeit der Natureinrichtungen, die flache Wolffsche Teleologie, wonach die Katzen geschaffen wurden, um die Mäuse zu fressen, die Mäuse, um von den Katzen gefressen zu werden, und die ganze Natur, um die Weisheit des Schöpfers darzutun. Es gereicht der damaligen Philosophie zur höchsten Ehre, daß sie sich durch den beschränkten Stand der gleichzeitigen Natur-[275]kenntnisse nicht beirren ließ, daß sie – von SPINOZA bis zu den großen französischen Materialisten – darauf beharrte, die Welt aus sich selbst zu erklären, und der Naturwissenschaft der Zukunft die Rechtfertigung im Detail überließ.“ (**35**, S. 12 f.) Zu dieser Rechtfertigung im Detail hat die Kybernetik einen entscheidenden Beitrag geleistet. Im Sinne der Kybernetik verhält sich ein lebendes System zweckmäßig, wenn es ihm gelingt, seine wesentlichen Variablen in physiologischen Grenzen zu halten.

Die Erforschung der teleonomischen Mechanismen des Zellstoffwechsels macht deutlich, daß auch die Gesetzmäßigkeiten der Zellregulation erkennbar sind und keinen Platz für teleologische Gesichtspunkte und Entelechie lassen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Teleologie, die flache Auffassung von der Naturnützlichkeit, die HEGEL „das Grab aller gesunden Philosophie“ nannte, ist die logische, idealistische Ergänzung der mechanistischen Konzeption. Entsprechend der mechanistischen Determinismuskonzeption wurde versucht, die gesamte Naturwirklichkeit auf lineare (offene) Kausalketten zurückzuführen und diese mit der absoluten Notwendigkeit zu identifizieren. Mechanistisches Denken ist nicht in der Lage, die objektive Zweckmäßigkeit lebender Systeme zu erfassen. Das Denken in Rückkopplungszusammenhängen ist ein wesentlicher Schritt für das Verständnis der biologischen Zweckmäßigkeit. Allerdings bin ich der Auffassung, daß dies noch nicht zur Überwindung des mechanischen Determinismus in all seinen Aspekten führt; denn die Frage nach der Stellung des objektiven Zufalls und der objektiven Möglichkeit ist noch nicht geklärt. Die für die Diskussion um die Determinismusproblematik in der Biologie entscheidende Frage ist nicht allein die, ob lineare oder geschlossene Kausalketten vorliegen, sondern – wie in der modernen Physik – die Frage, ob Raum ist für die Kategorie des objektiven Zufalls und der objektiven Möglichkeit, vgl. Teil 1, S. 222 f.




Klassifikation von Verhaltensweisen

[276] Die Klassifikation, die WIENER und seine Mitarbeiter hier vorschlagen, stellt eine wichtige Etappe in der Entwicklung der Kybernetik dar. Es ist einer der ersten Versuche, die Dynamik funktionellen Verhaltens strukturierter Systeme unabhängig von der konkreten Bewegungsform der Materie – d. h. gleichgültig, ob lebende oder technische Systeme vorliegen – zu analysieren.
Die Autoren gehen vom Begriff des Verhaltens als einer beliebigen Zustandsänderung des Systems aus und differenzieren als erstes zwischen passivem und aktivem Verhalten.
Das aktive Verhalten wird dann unterteilt in zweckmäßiges und nichtzweckmäßiges Verhalten.
Beim zweckmäßigen Verhalten wird weiterhin unterschieden zwischen Systemen, denen der Zweck fest eingebaut ist, wie z. B. einer Uhr, und Systemen, die ihr Ziel – den Zweck – aktiv (zielstrebig) anzustreben scheinen (z. B. ein sich selbst auf das Ziel orientierender Torpedo oder ein Thermostat, wie er z. B. in einem Aquarium-Heizungs-Regler vorliegt).
Das zielstrebige Verhalten beruht vorwiegend auf Rückkopplung. Zum Verständnis *stabiler* Rückkopplungssysteme ist dann streng zu unterscheiden zwischen der positiven Rückkopplung und der negativen Rückkopplung. Im Falle der *positiven* Rückkopplung wirkt die Ausgangsgröße $X_a$ eines Systems so auf die Eingangsgröße $X_e$ des Systems zurück, daß deren Einwirkung verstärkt wird. Bei *negativer* Rückkopplung wirkt die Ausgangsgröße $X_a$ des Systems so auf die Eingangsgröße $X_e$ zurück, daß deren Einfluß auf das System abgeschwächt wird. Diese Rückkopplungen bilden die Grundlage für die typischen Fähigkeiten geregelter Systeme.
Besitzt ein System einen Speicher für seine Erfahrungen aus der Auseinandersetzung mit der Umwelt und einen Bewertungsmechanismus, so führt dies über die einfachen, allein auf Rückkopplung beruhenden Formen der Anpassung (z. B. eines Thermostaten) hinaus. Solche Systeme können Lernverhalten zeigen, welches elementare Formen vorausschauenden Verhaltens einschließen kann. Höhere Formen des vorausschauenden Verhaltens

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sind meines Erachtens spezifisch menschliche Verhaltensweisen. (Lernende Automaten sind erst ein Ergebnis der jüngsten technischen Entwicklung, der Begriff tritt daher in dieser Klassifikation noch nicht auf. Lernen wird hier nicht im umfassenden Sinne der Psychologie verstanden, sondern als eine erfahrungsbedingte Verhaltensmodifikation.)

Diese These über die wesentliche Rolle vom objektiven Zufall für die Lebensprozesse wurde durch die weitere Diskussion über philosophische Fragen der Molekularbiologie nachhaltig unterstrichen. Insbesondere stellte J. MONOD die Rolle des Zufalls für die Lebensprozesse heraus. M. EIGEN, der sich zurecht gegen die dabei auftretende Verabsolutierung des Zufalls und der sich daraus ergebenden Folgerungen für die Entwicklung des Menschen wendet, meint allerdings: „MONOD mußte aber den Zufall stärker betonen, da die Notwendigkeit ja ohnehin jedermann gerne zu akzeptieren bereit ist“ (**30d**, S. XIV). In der Tat wurde in der Biologie der objektive Zufall weitaus später akzeptiert als in der Physik. Für HEGEL war der Zufall weithin nur Erscheinungsform einer letztlich doch allein notwendigen Entwicklung zur absoluten Idee. Dies bedeutet jedoch nicht, daß die Dialektik generell auf die Notwendigkeit orientiert. Dies gilt schon nicht mehr für die Klassiker des Marxismus-Leninismus und noch weniger heute, wo man sich den entscheidenden Konsequenzen aus der Entwicklung der modernen Physik und Biologie immer stärker bewußt wird.

[277] Das Erfordernis, den Gedanken von der Rolle des Zufalls in der Biologie erst durchsetzen zu müssen rechtfertigt m. E. also nicht seine Verabsolutierung, da das Denken in der modernen Physik und in der Philosophie gerade hinsichtlich der Einheit von Notwendigkeit und Zufall, schon wesentlich weiter war. Aus dialektisch-materialistischer Sicht, die sich gegen eine Überschätzung, wie auch gegen eine Unterschätzung der Notwendigkeit und damit auch des Zufalls wendet, kommen wir zu der These: Leben ist weder reine Informationstransformation noch reine Entfaltung, sondern etwas Drittes oder entgegen J. MONOD aber mit seinen Termini formuliert: Leben ist weder reine „Offenbarung“ noch reine „Schöpfung“, sondern etwas Drittes – die Einheit von beidem.

Der dialektische Materialismus gibt die Möglichkeit, durch Überwindung des Denkens in allein notwendigen linearen Zusammenhängen (der Steuerung im Sinne der Regelungstechnik) das Problem der Zweckmäßigkeit zu lösen. Man gewinnt jedoch oft noch den Eindruck, daß sich viele davor scheuen, den Begriff zu verwenden. Sie glauben, daß sich die Haltung des Marxismus zur Kategorie der Zweckmäßigkeit in der Ablehnung der Konzeption von der „Naturnützlichkeit“ erschöpft und meinen daher, daß die Verwendung des Begriffs der Zweckmäßigkeit in der Biologie von vornherein idealistisch sei. Natürlich muß man darauf achten, daß nicht eine bewußte Zweckhaftigkeit eingeschmuggelt wird. Für die Verwendung des Begriffs Zweckmäßigkeit gelten die Worte von ENGELS zu HEGELs Begriff des „inneren Zwecks“. Er bemerkte dazu, der innere Zweck, „... der in der Notwendigkeit der Sache selbst liegt“, führt „bei Leuten, die nicht vollständig philosophisch geschult sind, fortwährend zur gedankenlosen Unterschiebung bewußter und absichtlicher Handlungen.“ (**3**, S. 79.)

Diese Gefahr ist durch die Klärung, welche die Kybernetik zum Begriff der Zweckmäßigkeit brachte, geringer geworden. Wir können heute sagen, daß sich die Physiologie der Rückkopplung bewußt geworden ist. In gewisser Weise kann man also von einem Gegensatz zwischen der „rückkopplungsbewußten Physiologie“ gegenüber einer „linearen Physiologie“ sprechen (s. dazu Abb. 6 und S. 275).

Am Anfang dieser Entwicklung wurde der idealistisch belastete Begriff der Teleologie gebraucht, jedoch schon mit dem neuen Inhalt. In späteren Veröffentlichungen vermied WIENER diesen Begriff und nahm für die hier zu untersuchenden Zusammenhänge den Begriff Kybernetik. Schon deshalb ist es nicht sehr sinnvoll, in bezug auf das zielstrebige Verhalten kybernetischer Systeme den Begriff der „materialistischen Teleologie“ zu verwenden, wie dies einige marxistische Autoren vorgeschlagen haben (KLAUS, **75**, KAMARYT, **70**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Der Begriff der Teleologie ist in der Philosophiegeschichte eindeutig zur Kennzeichnung idealistischer Naturbetrachtung benutzt worden und sollte deshalb auch weiterhin dafür verwendet werden. Der Begriff „materialistische Teleologie“ ist aus dieser Sicht widerspruchsvoll. Ich halte es für günstiger, den Begriff „Teleonomie“ zu verwenden, wie er – allerdings ohne genauer [278] definiert zu werden[1] – von JACOB und MONOD zur Kennzeichnung zellulärer Regulationsmechanismen benutzt wird. Dieser Begriff bringt m. E. das Wesentliche zum Ausdruck; er verweist auf eine objektive Gesetzmäßigkeit.

Als teleonomischer Zusammenhang soll eine objektive Gesetzmäßigkeit (griechisch: *nomos*) bezeichnet werden, eine Gesamtheit von Kausalzusammenhängen, die notwendig – oder in dialektischer Einheit von Notwendigkeit und Zufall – zu einem zyklischen Vorgang miteinander verbunden sind, der die Grundlage eines zielstrebigen Verhaltens (griechisch: *telos*) bildet, oder die auf andere Weise zu einem Lebensprozeß zusammengeschlossen sind, der zu einem gerichteten Verhalten führt, wie es sich uns z. B. bei der Embryogenese zeigt.

Leben ist charakterisierbar durch 1. reproduktive Autonomie – autonome Selbsterhaltung sowie Reproduktion, 2. evolutionäre Teleonomie – innere Gesetzmäßigkeit, nach der sich die Biosphäre entwickelt.

Zur Klärung der weltanschaulich so wichtigen Frage, ob der Evolution ein Sinn zukomme, ob sie einem Plan folge, reichen die bisherigen Argumente zum Problem der Zweckmäßigkeit nicht aus. Die Kybernetik unterstellt die Existenz teleonomischer Mechanismen. Die Feststellung gegenüber dem teleologischen Gottesbeweis, daß die Zweckmäßigkeit den Dingen nicht fremd ist, kann auch zur Annahme einer immanenten Sinnhaftigkeit, eines Plans der Evolution führen. Eine solche Annahme nennt MONOD zu Recht Animismus. Die mit den Ergebnissen der modernen Naturwissenschaften übereinstimmende Lösung des Problems liegt in der Erkenntnis, daß Teleonomie nicht von vornherein existiert, *sondern von einem zur autonomen Reproduktion befähigten System erzeugt wird*. Die Zweckmäßigkeit wird in der Wechselwirkung zwischen Eiweißen und Nukleinsäuren (wobei keiner der beiden Strukturen ein Primat zukommt) erzeugt, einmal im evolutionären Verhalten (Zufallsrate der Mutation) und zum anderen in der Anpassung an wechselnde Umweltfaktoren durch An- und Abschalten der molekularen Synthesen. Hinsichtlich der evolutionären Teleonomie wird im weiteren noch eingehender gezeigt, daß in jedem seine eigene Geschichte und Teleonomie produzierenden System parallel und divergent verlaufende Entwicklungen möglich sind. Eine Evolution, die allein auf ein Ziel hin ausgerichtet ist, wie dies von TEILHARD DE CHARDIN angenommen wird, kann es daher nicht geben. [279]

[1] Wie in dem nachfolgenden Kapitel gezeigt wird, hat J. MONOD in seinem Werk „Zufall und Notwendigkeit“ den Begriff der Teleonomie genau definiert. Von ihm werden drei wesentliche Merkmale des lebenden Organismus hervorgehoben: „die Teleonomie, die autonome Morphogenese und die reproduktive Invarianz“ (S. 21).
Teleonomie wird hier zunächst im obigen Sinne zur Charakterisierung der objektiven Zweckmäßigkeit bzw. der Leistung, die zum Erfolg eines biologischen Projekts führt, gebraucht. Im weiteren Verlauf der Darstellung verwendet MONOD den Begriff der Teleonomie jedoch auch für die hier mit dem Begriff der Teleologie charakterisierte Auffassung, so daß die Klärung, die sich durch die exakte Trennung der Begriffe (jetzt auch ins „Philosophische Wörterbuch“ aufgenommen) anbot, leider eingeschränkt wird.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# 9. Kybernetische und biologische Überlegungen zu den Wechselbeziehungen zwischen Vererbung und Stoffwechsel

## 9.1. Invarianz und Teleonomie – Anpassungsverhalten 2. Art (Lernverhalten)

Während sich unsere bisherige Diskussion um philosophische Probleme der molekularen Biologie auf einen im wesentlichen gesicherten Bestand unseres gegenwärtigen Wissens gründete, wenden wir uns jetzt noch ungeklärten Fragen des Anpassungsverhaltens lebender Systeme zu. Es sind Fragen, die gegenwärtig im Brennpunkt der Diskussion stehen. Kann eine einzelne Zelle, ein molekulares System Erfahrungen sammeln? Gibt es molekulare Prozesse, die Einfluß nehmen auf die Informationsspeicherung im DNS-RNS-Protein-System auf Grund äußerer Einwirkungen? Wie erfolgt die Speicherung der Information im Zentralnervensystem, und gibt es hier Beziehungen zum molekularen Niveau?

Diese Fragen lassen sich heute noch nicht endgültig beantworten. Philosophische Überlegungen können hier keine Entscheidung herbeiführen. Die Fragen sind allein im Experiment zu entscheiden. Aufgabe des Philosophen kann es nur sein, Material zur Unterstützung der verschiedenen Konzeptionen zusammenzutragen, interdisziplinäre Denkansätze zur Verfügung zu stellen, um, solange das Experiment noch nicht definitiv entschieden hat, verschiedene mögliche Denkrichtungen offenzuhalten oder zu helfen, sie zielstrebig einzuschränken.

Die aufgeworfene Problematik führt zunächst zu folgenden Überlegungen: Die Anpassungsfähigkeit lebender Systeme wird beträchtlich erhöht, wenn sie in der Lage sind, auch Erfahrungen ihrer individuellen Auseinandersetzung mit der Umwelt zu speichern und auf Grund dieser Erfahrungswerte ihr Programm auszubilden, d. h., wenn sie lernen können. Wie schon eingangs erwähnt, sind wir gewöhnt, daß höhere Lebewesen sich adaptiv verhalten und waren erstaunt darüber, daß auch technische Mechanismen ein solches Verhalten zeigen können.

Es wurde vermerkt, daß die Dinge auf dem in Rede stehenden Gebiet noch komplizierter sind, ja in gewisser Weise umgekehrt liegen. Es ist für uns zu einer Tatsache geworden, daß in Maschinen Funktionsprinzipien verwirklicht werden, die ihnen zielgerichtetes Verhalten und darüber hinaus auch Lernverhalten ermöglichen. Es kam aber etwas überraschend, daß schon die einzelne Zelle über Regulationsmechanismen verfügen soll, obwohl schon [280] elementare evolutionäre Überlegungen genügend Gründe für die Herausbildung solcher Mechanismen aufzeigen.

Nirgendwo in der Biologie ist die Wirkung des evolutionären Selektionsdrucks leichter zu sehen als beim mikrobiologischen Wachstum. So kann m. E. nicht von vornherein die Hypothese von der Hand gewiesen werden, daß auch schon bei der einzelnen Zelle ein großer Teil des „phylogenetischen Lernens“ (im Sinne von WIENER, **185**, durch Mutation mit anschließender Selektion), der Herausbildung von Anpassungsmechanismen der direkten und auch der indirekten Art (im Sinne von ASHBY, **4**) diente (vgl. S. 195 f.), d. h. einmal der Herausbildung angeborener Anpassungsmechanismen und zum anderen der Herausbildung der Fähigkeit zum Lernen.

Der Begriff des Lernens wird hier nicht in dem umfassenden Sinne der Psychologie gebraucht, die einzelne Zelle hat noch kein Bewußtsein, sondern im Sinne von Informationsaufnahme, einer durch Erfahrung bedingten Verhaltensmodifikation. Nach ASHBY hat ein System gelernt, wenn sich sein Verhalten gegenüber dem vorangegangenen verbessert hat.

Hier zeigen sich weitere Möglichkeiten kybernetischen Denkens in der molekularen Biologie. Es führt uns zur Diskussion einer Reihe heute noch ungeklärter Fragen der Anpassungsfähigkeit der einzelnen Zelle.

Die eingangs hier gestellten Fragen berühren je nach Art der Antwort in der einen oder anderen Weise die Grundaussagen des sogenannten zentralen Dogmas der Molekularbiologie.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

*Das zentrale Dogma der Molekularbiologie macht die allgemeine Aussage, daß jede Form des Lebens einen Regelkreis als Grundlage hat, bei dem Struktur- und Funktionsinformation für Eiweiße in den Nukleinsäuren enthalten sind und die Eiweiße ihrerseits die identische oder nahezu identische Reproduktion der Nukleinsäuren bewirken.*

*Das Dogma liegt in der Aussage, daß der Informationsfluß nur in einer Richtung erfolgt. Ein umgekehrter Einfluß von Proteinen auf die Nukleinsäuren existiert, es handelt sich jedoch nicht um einen fortlaufenden Informationsfluß, sondern nur um eine mehr oder weniger gut funktionierende Replikation und variable Genexpression.* (Vgl. S. ROSENTHAL, S. M. RAPOPORT, H. A. ROSENTHAL und K. FUCHS-KITTOWSKI.) (**137b**, S. 22-23.)

Dieses sogenannte zentrale Dogma der Molekularbiologie bringt eine allgemeine Gesetzmäßigkeit in den Beziehungen zwischen DNS, RNS und Protein, in den Wechselbeziehungen zwischen Vererbung und Stoffwechsel zum Ausdruck. Inzwischen mußte das zentrale Dogma insofern modifiziert werden, als ein Informationsfluß von der RNS auf die DNS möglich ist und damit eine vektorielle, virusbedingte Informationszunahme erfolgen kann (Abb. 26).

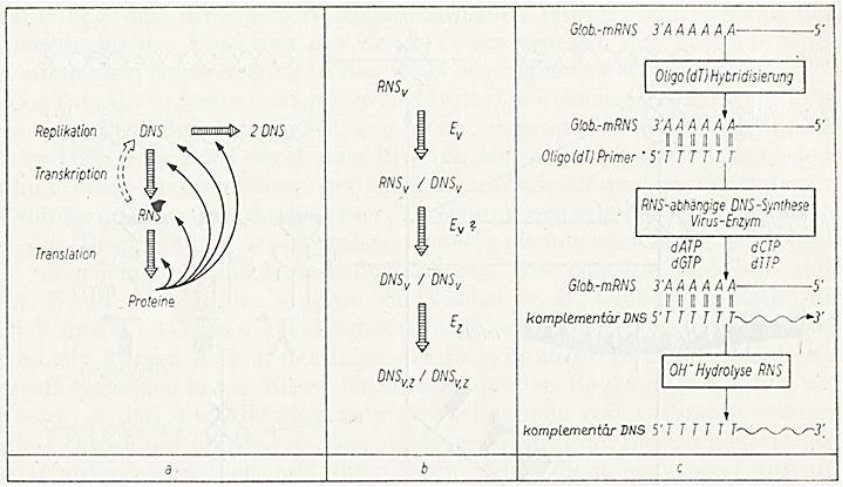



Abb. 26a zeigt die schon als klassisch zu bezeichnenden allgemeinen Gesetzmäßigkeiten in den Beziehungen zwischen DNS, RNS und Protein. Es wird deutlich, daß das zentrale Dogma inzwischen insofern modifiziert werden mußte, als ein Informationsfluß von RNS auf DNS möglich ist: Prinzip der „umgekehrten Transkription“ mit Virus-RNS als Matrize. Abb. 26b. Onkogene Viren besitzen einsträngige RNS. Nach Infektion der tierischen Zelle wird an dieser Virus-RNS durch ein virusspezifisches Enzym, das in normalen Zellen nicht nachweisbar ist, eine DNS-Kopie synthetisiert, wodurch ein RNS-DNS-Hybrid entsteht. Diese Hybridstruktur wird in DNS-Doppelstrang-Kopien umgesetzt, die in das Zellgenom eingebaut werden. Das ist der wahrscheinlich entscheidende Schritt der Malignisierung tierischer Zellen durch RNS-Tumorviren. Ob dieses Enzym vielleicht in vivo ein Prinzip zur Informationsübertragung von mRNS in DNS darstellt, evtl. also auch veränderte oder fehlerhafte mRNS ins Genom einschreiben kann, muß vorläufig dahingestellt bleiben.
Abb. 26c zeigt das Prinzip der Gensynthese (die umgekehrte Transkription) mit mRNS als Matrize. Der Engpaß für dieses Syntheseprinzip ist die Bereitstellung von mRNS. Bei der chemischen Synthese eines Gens nach KHORANA liegt das Problem in der Mehrdeutigkeit des Codes, da für die Festlegung der Basensequenz der DNS von der Sequenz der Aminosäuren im Eiweiß ausgegangen wird. [Abb. 26a-26c, S. 281 des Buches]

Dialektisch denkende Molekularbiologen haben z. B. stets dazu aufgefordert, das sog. zentrale Dogma der Molekularbiologie nicht dogmatisch zu betrachten und darauf hingewiesen, daß Eiweiße und Nukleinsäuren in vielfältiger Weise einander bedingen und Wechselwirkungen eingehen. Für sie war es daher keine erschütternde Überraschung, daß auch eine RNS-gesteu-[281]erte DNS-Synthese existiert (eine Entdeckung, die die Grundaussage hinsichtlich der informationellen Beziehungen zwischen Nukleinsäure und Protein nicht berührt), sondern einige von ihnen haben eine solche Entdeckung sogar vorhergesehen und zielstrebig verfolgt (**165a**, **b**).

Auch M. EIGENs dialektische Haltung zeigt sich daran, wie er dieses allgemein bekannte Schema (bezüglich der rezenten Lebewesen) behandelt. Er stellt nicht, wie sonst häufig anzu-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

treffen, einseitig die Hauptrichtung des Informationsflusses dar, sondern gibt durch eine Vielzahl von Pfeilen an, in welch vielfältiger Weise Eiweiße und Nukleinsäuren miteinander wechselwirken (Abb. 27). Damit zeigt er, daß bei den rezenten Lebewesen grund-[282]sätzlich Vererbung wie Synthese von Eiweißen und Nukleinsäuren durch ein System von Rückkopplungen bewirkt werden.

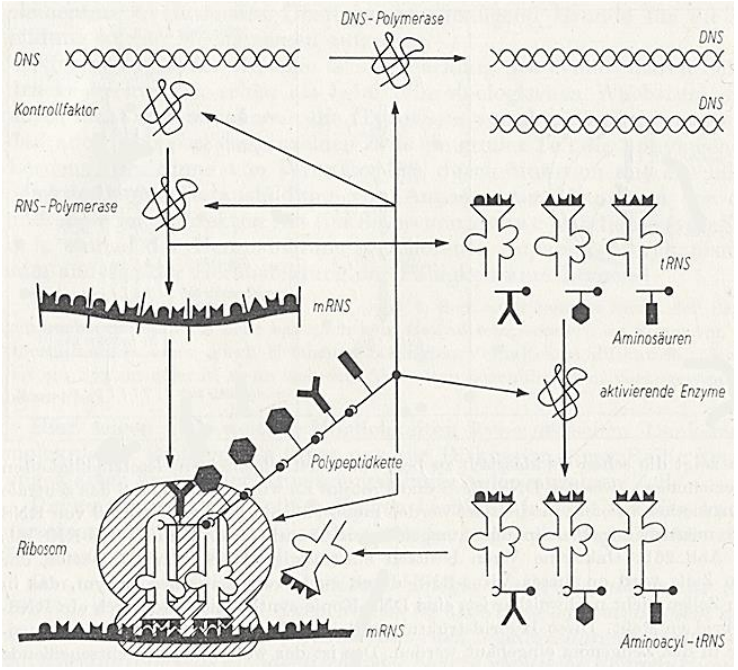



Abb. 27. Interpretation der Wechselwirkungen von Nukleinsäuren und Eiweißen nach EIGEN (**30c**).

Die Eiweiße, die auf die Nukleinsäuren einen Einfluß ausüben, haben Enzymfunktionen und sind direkt oder indirekt an der Synthese der Biopolymere beteiligt. Andere Eiweiße, unsere Kenntnisse stehen hier erst am Anfang, haben vielfältige anderweitige Regulationsfunktionen. Eine dritte Gruppe von Proteinen bildet mit Nukleinsäuren elektronen- und lichtoptisch faßbare Strukturen. Die Funktion dieser Strukturen ist noch weitgehend unbekannt.

Eine allen drei genannten Gruppen von Proteinen gemeinsame spezifische Funktion besteht in der Fähigkeit, mit Nukleinsäuren oder Abschnitten in Nukleinsäuren (DNS und RNS) zu reagieren, wodurch sich Nukleinsäure-Protein-Komplexe von geringerer und höherer Spezifität und unterschiedlicher Festigkeit bilden, es besteht jedoch nach unserer heutigen Kenntnis keine informationelle Beziehung zwischen Nukleinsäure und Protein, die [283] Übermittlung der Information stellt also einen irreversiblen Prozeß dar. Veränderungen der Funktion der Zelle, Veränderungen der Proteine rufen keine adäquaten Veränderungen in der DNS des Zellkerns hervor.

In der Tat gibt es heute keinen Beweis für die Umkehrung des Informationsflusses vom Eiweiß auf die DNS, d. h. etwa einer spezifischen Programmierung der DNS oder RNS durch eine Eiweißmatrize. Damit entfällt auch jede Annahme einer unmittelbaren gerichteten, umweltadäquaten Veränderung der Erbinformation und damit einer Vererbung erworbener Eigenschaften.

Bei der Besprechung der Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels wurde deutlich, welche Anpassungsfähigkeit die einzelne Bakterienzelle besitzt. Wenn das Milieu, in dem sie wächst, z. B. Glukose enthält, die plötzlich durch Laktose als Kohlenstoffquelle ersetzt wird, ist die Zelle nach einer relativ kurzen Zeit in der Lage, ein Enzym zu produzieren, das diesen Nährstoff umsetzen kann. Einer der entscheidenden Beiträge J. MONODs war der Nachweis, daß die Zelle diese neue Reaktion nicht erst ausbildet, sondern daß die Laktose nur ein bereits

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

vorgebildetes Programm, das im genetischen Material aufgezeichnet ist und ihrer Verwertung dient sozusagen aufruft.

Wir haben sehr bald die philosophischen Konsequenzen aus dieser fundamentalen Entdekkung diskutiert. Es war damit klar, daß die „Beweise“ für die Möglichkeit der Vererbung erworbener Eigenschaften, die sich insbesondere auf die große Anpassungsfähigkeit von Bakterienzellen beriefen (vgl. Kap. 8), widerlegt waren. Dies wurde in diesem Buch in aller Deutlichkeit formuliert, ohne daß wir darin einen Grund sahen, an der Dialektik im Lebensgeschehen und der Dialektik der Natur überhaupt zu zweifeln. Dafür gibt es keinen Grund, da die objektive Dialektik der Lebensprozesse nicht daran gebunden ist, ob eine Instruktion aus der Außenwelt erfolgt oder nicht. Im Gegenteil, wir sahen darin die Bestätigung unserer Grundthese von der Objektivität und positiven Rolle des Zufalls, und daß der Höherentwicklung der Lebewesen innere Ursachen zugrunde liegen (vgl. Kapitel 6 u. 10.7.).

Wir werden auch im folgenden die Auffassungen der Instruktionalisten als eine im Rahmen unserer heutigen Naturerkenntnis recht unwahrscheinliche Hypothese diskutieren, unwahrscheinlich aber nicht nur auf Grund der angeführten naturwissenschaftlichen Fakten, sondern auch auf Grund der hier durchgeführten philosophischen Überlegungen. Die instruktionalistische Hypothese beruht zumindest auf drei mechanistischen Voraussetzungen, einmal der Annahme der Bedeutung äußerer Ursachen, der Verkennung der Bedeutung der Zufälligkeit, und letztlich gründet sich eine Reihe von Argumenten für diese Hypothese auf der Annahme einer mechanischen Informationsspeicherung im lebenden Organismus. Ich kann also in der Widerlegung der Möglichkeiten der Instruktion keine Widerlegung der Dialektik sehen, sondern eher umgekehrt.

Für einige Forscher scheint sich nun jedoch die Frage, ob es eine objektive Dialektik in der Natur gibt oder nicht, allein an der Frage der Rückinformation vom Protein auf das Nukleinsäure-System zu entscheiden. Wenn man dieser Auffassung ist, muß man in der Tat bei Fehlen des Instruktionsprin-[284]zips die objektive Dialektik für widerlegt halten oder die Aussagen des sogenannten zentralen Dogmas der Molekularbiologie anzweifeln und weiter nach Möglichkeiten einer Instruktion suchen. Von beiden Seiten wird die Frage gar nicht gestellt, ob sich die objektive Dialektik der Lebensprozesse nicht in anderen Zusammenhängen, vor allem in den realen Entwicklungsprozessen äußert.

Gerade die neuen molekulargenetischen Erkenntnisse über die Mutagenese, über die Tatsache, daß die Struktur und Funktion der DNS-Polymerase den Grad der spontanen Mutabilität mitbestimmen, über die von den Organismen entwickelte Fähigkeit der Reparatur durch Strahlen oder andere Noxen hervorgerufener Schäden am genetischen Material (vgl. H. BÖHME, **16b**, E. THOMAS, **166a**, M. THEILE, **164b**), über selektive Lernprozesse statt instruktive, sind doch wahrscheinlich für das Verständnis der objektiven Dialektik des Lebensgeschehens viel wesentlicher.

In der Frage der Evolution stritten sich die Neo-Lamarckisten und Neo-Darwinisten bzw. Instruktionalisten und Selektionisten. Für die Erklärung der Evolution ist die darwinistische Selektionstheorie, erweitert durch die genaue Kenntnis über die Genstruktur, wohl jetzt fast allgemein anerkannt. Die Fragestellung der Instruktionalisten tritt jedoch, wie wir im folgenden zeigen werden, im Zusammenhang mit Problemen der Immunologie und des Gedächtnisses wieder auf.

Das hat seine Ursache zunächst gar nicht in philosophischen Haltungen, sondern z. B. bei der Instruktionskonzeption in der Immunologie, die in den letzten 50 Jahren eine wesentliche Rolle gespielt hat, geht es um die Bewältigung konkreter naturwissenschaftlicher Probleme. Philosophisch war der Übergang der Diskussion auf die Ebene der Immunologie und des Gedächtnisses jedoch insofern von Interesse, als einige Forscher glaubten, hier einen Kompro-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

miß zu finden: hinsichtlich der „Hypothese der chaotischen Veränderlichkeit der Vererbung, bei der die am besten angepaßten Individuen am Leben bleiben“ einerseits und der „Hypothese der richtungsbestimmten, von den Umwelteinflüssen bedingten erblichen Veränderlichkeit“ andererseits.

Eine solche Vermittlerposition ist jedoch keine dialektische Lösung. Dialektik bedeutet eben: kein „Entweder-Oder“, auch kein „Sowohl-als-Auch“, sondern oftmals ein „Weder-Noch“. So liegt auch in diesem Falle die Lösung nicht im Nachweis einer Rückinformation auf das Nukleinsäuresystem, aber auch nicht in der Anerkennung eines absoluten Zufalls, sondern eben in einem wirklich tieferen Verständnis der Zufallsprozesse und der Rolle der Selektion.

Auch der Kompromiß der Instruktionalisten ist aus der Erkenntnis, daß nur der Zufall (in Einheit mit der Notwendigkeit im objektiv Möglichen) die Quelle neuer Informationen sein kann, abzulehnen.

Weder in der Phylogenese noch in der Ontogenese noch bei den Immunreaktionen, wo diese Frage zuletzt noch diskutiert wurde, konnte eine Informationsspeicherung durch Instruktion nachgewiesen werden.

[285] Die Lösung des Problems liegt wahrscheinlich darin, daß eine Instruktion gar nicht erforderlich ist, sondern die Selbstorganisation in einer Erzeugung von Information besteht. Bei der Informationsspeicherung im Gehirn dagegen handelt es sich zweifellos um eine Informationsaufnahme aus der Außenwelt, um eine Selbstorganisation durch Instruktion. Hier erfolgt wahrscheinlich aber auch die Informationsspeicherung folgerichtig nicht auf der Ebene des zentralen Dogmas.

J. MONOD hat nun selbst, in seiner Arbeit „Zufall und Notwendigkeit“, philosophische Schlußfolgerungen aus den wesentlich von ihm mitbestimmten Entdeckungen gezogen. Ausgehend von der Feststellung, daß der Informationsfluß von der DNS über RNS zur Eiweißsynthese vollkommen konservativ, in sich geschlossen und keinerlei Instruktion, gleich welcher Art, aus der Außenwelt zugänglich sei, folgert er, daß das Prinzip des dialektischen Widerspruchs im Lebensprozeß nicht realisiert würde und damit im lebenden Organismus im Grunde alles mechanistisch und nicht dialektisch oder wie er sagt, „cartesianisch und nicht hegelianisch“ ablaufe. Diese Schlußfolgerungen werden in der Hypothese zusammengefaßt, daß: „... die Invarianz notwendig der Teleonomie vorausgeht“ (**106a**, S. 35). Dies sei die Hypothese, „die in den Augen der modernen Wissenschaft als die einzig annehmbare betrachtet wird.“ (**106a**, S. 35.)

Die große Mannigfaltigkeit biologischer Strukturen und Prozesse ordnet J. MONOD unter zwei grundlegenden Kategorien, die entscheidende Eigenschaften lebender Systeme zum Ausdruck bringen: die Invarianz (die den teleonomischen Strukturen zugrunde liegenden Informationen) und die Teleonomie (der apparativen Organisation bzw. ihrer Leistungen).
Diese beiden wesentlichen Eigenschaften lebender Systeme finden ihre Grundlage in den zwei entscheidenden Arten biologischer Makromoleküle, den Nukleinsäuren und den Proteinen; die Nukleinsäure als primärer Informationsspeicher, der es ermöglicht, die Information nahezu invariant zu erhalten, und die Proteine als Träger der funktionellen Leistungen wie Katalyse, Regulation, die sie auf der Grundlage ihrer strukturellen Mannigfaltigkeit realisieren können. Die Proteine sind für die Vielzahl der Leistungen verantwortlich – das Leben ist die Daseinsweise der Eiweißkörper. Die erhaltenden Eigenschaften der Nukleinsäuren sind zurückzuführen auf das „Ausschließlichkeitsprinzip“ ihrer Wechselwirkungen. Der Informationsfluß, das ist die entscheidende Aussage des zentralen Dogmas der Molekularbiologie, geht nur von den Nukleinsäuren zu den Proteinen, ein Einfluß in die andere Richtung ist nur gegeben durch fehlerhafte Replikation. Aus dieser grundlegenden Aussage leitet MONOD weitgehende philosophische Schlußfolgerungen ab. Er schreibt: „Durch seine Eigenschaft wie durch seine Funktionsweise als einer Art mikroskopischer Uhr, die zwischen DNS und Protein wie auch zwischen Organismus und Umwelt Beziehungen ausschließlich in einer Richtung herstellt, widersetzt sich dieses System jeder dialektischen Beschreibung. Es ist von Grund auf cartesianisch und nicht hegelianisch: Die Zelle ist sehr wohl eine Maschine.“ (**106a**, S. 139.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Für MONOD hat die Invarianz die Priorität (ursächlich und zeitlich vor der Teleonomie, den Funktionen des Stoffwechsels), dies fährt, wie er sagt, zu dem Grunddilemma aller anderen Konzeptionen, wie der Mehrzahl der großen philosophischen Systeme (vgl. **106a**, S. 35).

[286] Diese Hypothese wird für MONOD zu einer Art zentralem Dogma der allgemeinen Biologie. Während aber die allgemeine Aussage von CRICK, nach der der Informationsfluß immer nur in der einen Richtung, von den Nukleinsäuren zu den Proteinen verläuft (zentrales Dogma der Molekularbiologie), die Wechselwirkung von Nukleinsäuren mit den sie reproduzierenden Proteinen keinesfalls in Frage gestellt ist, erhebt MONOD mit der Hypothese, daß die Invarianz immer und notwendig der Teleonomie vorausgeht, einen viel weitergehenden Anspruch, indem er die undialektische Prioritätsfrage stellt. MONOD versucht, die Gültigkeit seiner These über den Bereich, von dem sie ausging, auf Probleme der Immunologie, des Gedächtnisses und der abiogenen Evolution auszudehnen.

Wir wollen im folgenden die sich auf diesen Gebieten ergebende Problematik diskutieren.

Die Gemeinsamkeit dieser weiteren Gebiete besteht wohl darin, daß offensichtlich die hier zu erkennende Anpassungsfähigkeit bedeutender zu sein scheint als in den zuvor diskutierten Systemen. Es ist eine Anpassungsfähigkeit höheren Typs, den wir als Anpassungsverhalten 2. Art oder als selbstorganisatorisches Verhalten charakterisieren. Es ist die Frage, welcher Art dieses Lernverhalten ist. Gewöhnlich wird Lernen verstanden als eine Informationsaufnahme aus der Außenwelt. So wurden auch von einer Reihe von Wissenschaftlern für diese Bereiche Theorien instruktionalistischen Charakters entwickelt.

Zu einem Verständnis dieser Prozesse werden wir jedoch erst gelangen durch eine tiefere Erkenntnis der Prozesse der Selbstorganisation in der Phylo- und Ontogenese sowie in der präbiotischen Evolution.

Wir müssen davon ausgehen, daß in der ontogenetischen Entwicklung sehr viel präformiert ist, ja präformiert sein muß, sonst hätten wir weit mehr Mißgeburten als Normalgeburten, oder es würde überhaupt nicht zu Geburten kommen. Aus den Keimzellen des Menschen entstehen im Normalfall immer wieder leistungsfähige Menschen. Daraus eine Widerlegung der Dialektik zu konstruieren, erscheint uns widersinnig, da die These von der Universalität der Dialektik keineswegs impliziert, daß es nicht Bereiche in der objektiven Realität geben kann, wo der Konservatismus überwiegt, wo man in erster Näherung von dialektischen Beziehungen abstrahieren kann. Aber auch hier könnte es sich bei tieferer Betrachtung durchaus zeigen, daß die Ontogenese nicht absolut präformiert ist und der Einfluß von Wechselwirkungen zwischen Eiweißen untereinander und mit höheren Struktureinheiten sowie mit Stoffwechselprodukten in diesem Entwicklungsprozeß untersucht werden muß. Bei der Bewältigung dieser Problematik gibt es echte erkenntnistheoretische Schwierigkeiten. Nicht nur theoretische Argumente, sondern auch bestimmte Beobachtungen zwingen uns dazu, weiter zu fragen, nach neuen Denkmodellen zu suchen, denn auf der Basis der absoluten Präformation bleibt die Bildung von Antikörpern nicht voll erklärbar, und auch die Entstehung von Tumoren wirft ähnliche Fragen auf. Man kann in dieser Situation nur den Schluß ziehen, daß wir eine Reihe neuer Erkenntnisse zu [287] erwarten haben. Dazu sind neue theoretische Ansätze erforderlich. MONOD diskutiert den Gedanken des genetischen Roulett, von EIGEN werden neue Gedanken entwickelt. Wie wir deutlich machen werden, wäre in bezug auf die immunbiologischen Prozesse eine mögliche Hypothese, daß diese statt durch einen instruktiven durch einen selektiven Lernprozeß auf molekularem Niveau zustande kommen. So könnte man vermuten, daß es in immunkompetenten Zellen eines Warmblüters zu zufälligen Zusammenlagerungen vorcodierter Teilprogramme kommt, die dann im Organismus durch Antigene direkt oder indirekt einer Selektion unterzogen werden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wenn die Einzelwissenschaften gezwungen sind, nach neuen Denkmodellen zu suchen, bedarf es gerade in einer solchen Situation der dialektisch-materialistischen Philosophie, weil sich sonst manche, auch hervorragende Wissenschaftler an überlebten philosophischen Konzeptionen orientieren.

Zur Erfassung solcher Probleme der modernen Naturwissenschaft wird die des Mystizismus entkleidete Dialektik, wie F. ENGELS voraussah, „... die einzige ihr in höchster Instanz angemessene Denkmethode“ (**103b**, S. 482). Der Gebrauch fester Kategorien reicht nicht mehr aus (ebenda, S. 476), weil die moderne Naturwissenschaft immer tiefer in das Wesen der Materie eindringt und damit ihre innere Widersprüchlichkeit, die sie zur Selbstbewegung und Entwicklung befähigt, also ihre objektive Dialektik, immer deutlicher hervortreten läßt. So hob auch schon W. I. LENIN in bezug auf die Physik hervor, daß sie im Begriff sei, „... den dialektischen Materialismus zu gebären“. (**95**, S. 316.)

Die materialistische Dialektik wird notwendig für die Wissenschaft, weil diese in wachsendem Maße vor der Aufgabe steht, nicht nur Fakten anzuhäufen, sondern Gesetzmäßigkeiten aufzudecken, auf deren Grundlage Voraussagen möglich sind und die Forderungen der gesellschaftlichen Praxis erfüllt werden können. Der Naturwissenschaftler bedarf hier der Dialektik als systematisierendes und ordnendes Prinzip, als Theorie und Methode, um den theoretischen Gesamtzusammenhang herzustellen. Das starre metaphysische Entweder-Oder verhindert die adäquate Deutung der experimentellen Ergebnisse. Während die Metaphysik nur These oder Antithese gelten lassen will und der Relativismus durch sein Sowohl-als-Auch, indem er beides gelten läßt, ebenfalls zu keiner echten Lösung gelangt, gestattet die Dialektik als philosophische Methode der wissenschaftlichen Erkenntnis (**46c**, S. 11), die verschiedenen, sich widersprechenden Seiten eines Prozesses in ihrer Einheit, in ihrer gegenseitigen Durchdringung zu sehen.

Die materialistische Dialektik ist Ergebnis der Verallgemeinerung der Erkenntnisse der Wissenschaft, die besagen, daß die Materie sich in ständiger Veränderung und Entwicklung befindet. Sie ist die Wissenschaft von den allgemeinsten Beziehungen und den Gesetzen der Entwicklung in der Natur, in der Gesellschaft und im individuellen und gesellschaftlichen Erkenntnisprozeß. In allen drei Bereichen gibt es dialektische Beziehungen, die in ihren konkreten Erscheinungsformen verschieden sein können, ihrem Wesen nach jedoch insofern gleich sind, als es sich stets um allgemeine Beziehungen und [288] Gesetze handelt. Demzufolge muß man zwischen einer objektiven Dialektik in Natur und Gesellschaft und der subjektiven Dialektik als deren Widerspiegelung im menschlichen Denken unterscheiden. Das gesamte theoretische Gebäude des Marxismus-Leninismus ist eine Einheit. Angriffe gegen irgendeinen seiner Teile, also auch gegen die Naturdialektik, werden zu Angriffen gegen den Marxismus-Leninismus als Ganzes. Dies machte LENIN in seiner Auseinandersetzung mit dem Positivismus und Empiriokritizismus wiederholt deutlich. Er zeigte am Beispiel der Physik, wie der Fortschritt der Wissenschaft unter dem Einfluß idealistischer und metaphysischer Konzeptionen zu einer weltanschaulichen und methodologischen Krise in den Naturwissenschaften führt.

Gegenwärtig ist die Leugnung der Dialektik in der Natur ein entscheidender Punkt in der ideologischen Auseinandersetzung mit Auffassungen, die sich gegen die wissenschaftliche Weltanschauung der Arbeiterklasse richten. Dabei steht die Frage im Zentrum, ob es unabhängig vom Denken und von der Tätigkeit des Menschen in der Natur objektive Widersprüche und Entwicklung, „Naturgeschichte“, gibt. Diejenigen, die den Geist als eigentliche Triebkraft der Entwicklung ansehen, gehen davon aus, daß es in der Natur selbst keine echten Widersprüche gibt. Eine solche Position wurde zeitweilig z. B. von G. LUKÁCS (**101c**) und wird gegenwärtig von J. P. SARTRE (**151a**) eingenommen. Während diese Autoren bekanntlich keine Naturwissenschaftler sind, ist in jüngster Zeit auch Nobelpreisträger J. MONOD,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ein bedeutender Forscher auf dem Gebiet der Molekularbiologie, mit der These aufgetreten, daß es keine Dialektik in der Natur gäbe.

MONOD hat für die biologischen Wissenschaften einen außerordentlichen Beitrag geleistet. Zusammen mit F. JACOB hat er zwei wesentliche molekularbiologische Prozesse aufgeklärt. Erstens wurde gezeigt, daß bei der Ausprägung der Erbeigenschaften die genetische Information von dem primären molekularen Träger DNS (Desoxyribonukleinsäure) mittels eines sekundären molekularen Informationsträgers Boten-RNS (Ribonukleinsäure) für die Eiweißsynthese übertragen wird. Zweitens konnte am Beispiel des Auftretens und Verschwindens von Milchzucker abbauenden Enzymen des Darmbakteriums *Escherichia coli* gezeigt werden, daß die Gene, die hierfür die notwendige Information tragen, auf einem bestimmten Abschnitt der DNS in einer Gengruppe (Operon) vereinigt sind. Es wurde erkannt, wie das „Ablesen“ der Information entsprechend dem Umwelteinfluß „Gegenwart oder Abwesenheit von Milchzucker“ reguliert wird und daß dafür wieder andere Abschnitte der DNS, sogenannte Regulatorgene mit den von ihnen terminierten Repressoren, verantwortlich sind. Die grundsätzliche Bedeutung dieser Entdeckung besteht darin, daß sie erklärt, wie wechselnde Umwelteinflüsse Leistungen eines Organismus entsprechend den genetisch vorgegebenen Rahmenbedingungen verändern können. Besonders wichtig ist dies für das Verständnis der Anpassungsfähigkeit einer Zelle an sich verändernde Milieufaktoren und für das Verständnis der Zeitdifferenzierung während der Embryonalentwicklung.
Wenn wir uns mit MONODs philosophischen Auffassungen auseinandersetzen, dann geht es nicht um eine Kritik an den inzwischen tausendfach gesicherten wissenschaftlichen Ergebnissen, sondern um eine Kritik an den von MONOD an diese Errungenschaften der modernen Forschung geknüpften Spekulationen und Angriffe gegen den Marxismus-[289]Leninismus. MONOD wirft ENGELS vor, daß er die Dialektik der Natur erst nachträglich als Anhängsel zum Marxismus entworfen habe, um ihn durch den Nachweis der Universalität und Objektivität der Dialektik zu einer allgemeinen Heilslehre ausbauen zu können. MONOD nennt das Vorgehen von ENGELS eine „animistische Projektion“, durch die menschliche Vorstellungen in die Natur projiziert werden (**106a**, S. 46 f.). Er behauptet damit, daß der Marxismus eine Spielart des Idealismus sei.

J. MONOD glaubt, zwei zentrale Argumente gegen die objektive Dialektik in der Biosphäre zu haben, zu denen er durch Verabsolutierung bestimmter Seiten der Ergebnisse der Molekularbiologie gelangt: 1. den Konservatismus, die Konstanz bei der Übertragung der Erbinformation, 2. die Zufälligkeit der Mutation.

Natürlich gibt es diesen Konservatismus. Er ist jedoch nur so zu verstehen, daß unter den entsprechenden, dem Zufall unterworfenen inneren und äußeren Milieubedingungen unverändert nur die Erbinformationen weitergegeben werden können, die eine optimale Anpassung des Organismus an die Bedingungen erlauben. Die Milieufaktoren wirken dabei nur als Selektionsfaktoren und haben selbst keine instruktive Wirkung auf die Erbinformation.

In der Tat erfolgen die Mutationen zufällig, aber wie MONOD selbst mehrfach ausführt (**106a**), spielen sie nur dann eine Rolle als Evolutionsfaktoren, wenn sie das „Sieb“ der Selektion passieren können. Diese entscheidende Rolle der Selektion wird von ihm gesehen, dabei jedoch nicht deutlich gemacht, daß damit auch das Moment der Notwendigkeit in den Prozeß der Evolution hineinkommt. Es geht also um das Zusammenspiel, um die Vermittlung der verschiedenen Seiten des Prozesses, die J. MONOD als führender Forscher auf dem Gebiet der Molekularbiologie sehr prägnant darstellt. Nur unter Beachtung dieser Vermittlung lassen sich Verabsolutierungen vermeiden und tritt die objektive Dialektik des Lebensgeschehens hervor.

Eine Ursache für eine solche Haltung kann man in einigen Entwicklungsproblemen der modernen Biologie sehen. Die Entdeckungen der Molekularbiologie über Struktur und Funktion der DNS als Träger der Erbinformation in den Nukleinsäuren, über die Eiweißsynthese und die dabei erfolgende Umsetzung der genetischen Information in die Struktur der Eiweißmoleküle, über die molekularen Mechanismen für die Regulation der Ausprägung der genetischen Potenz, also alles, was wir bisher in dem vorangegangenen Kapitel besprochen haben, lassen den relativen Konservatismus im Lebensgeschehen deutlich hervortreten. Sie stehen daher im Brennpunkt der Diskussion über die Dialektik in der Biologie. Sie erklären die materiellen Prozesse, welche der Aufrechterhaltung der spezifischen Qualität des Individuums und seiner Nachkommen dienen. Sie erklären den notwendigen Konservatismus des Lebens,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

zeigen, wie sich Lebensprozesse gegenüber vielfältigen, verschiedenen Umwelteinflüssen ihre wesentliche Qualität erhalten. Die einseitige Betrachtung aber dieser Konstanz und der strengen Determiniertheit in biologischen Systemen ist eine der Quellen, die MONOD zur Leugnung der objektiven Dialektik – im Lebensgeschehen und überhaupt – führen.

[290] Nach der Aufklärung dieser für das Leben wichtigen Invarianz steht die Molekularbiologie vor der großen Aufgabe, das Verhältnis von Konstanz und Variabilität, die Wechselbeziehungen zwischen Eiweiß und Nukleinsäuren und die Probleme der Entwicklung aufzuklären, wie dies z. B. durch die Arbeiten des Nobelpreisträgers M. EIGEN erfolgreich begonnen wurde. (**30c**)

Im folgenden wollen wir einige damit zusammenhängende Probleme diskutieren. Es führte sicherlich zu einer weltanschaulichen bzw. erkenntnistheoretischen Krise, wollte man dabei verharren, einerseits nur die Konstanz, andererseits nur den blinden reinen Zufall zu betrachten. Zur Überwindung dieser Position ist es erforderlich, die Eiweiß-Nukleinsäure-Wechselwirkungen, die Möglichkeit selektiver Lernprozesse genauer zu untersuchen, die Variabilität und den objektiven Zufall in die Gesetzmäßigkeit der Evolution einzubeziehen.

## 9.2. Die Grundtypen der Informationsverarbeitungsprozesse in biomolekularen Systemen

Es lassen sich vier allgemeine Typen von Informationsverarbeitungsprozessen unterscheiden:

1. Verknüpfung von Informationen im Sinne einer Zuordnung zur Realisierung einfacher Identifizierungsleistungen und Klassifikationen und zur Auslösung von Operationen.
2. Verknüpfung von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien bei statischer und vorgegebener Struktur der Verarbeitungsprogramme zur Verbesserung des Verhaltens.
3. Verknüpfung von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien entsprechend vorgegebener und erworbener Programme zur Verbesserung und Veränderung des Verhaltens.
4. Verknüpfung und Erzeugung von Informationen nach mathematisch-logischen und/oder schöpferischen Prinzipien (Informationsvermehrung) für die Bildung neuer Verhaltensweisen in neuen Situationen.

Jeder der höheren Typen enthält die ihm vorangegangenen Typen als Elemente seiner logischen Struktur. Der 4. Typ ist nicht vollautomatisch, sondern nur im Dialog zwischen Automat und Mensch zu realisieren. Im lebenden System muß nach einem Mechanismus gesucht werden, der dies ohne Bewußtsein realisiert. Dies zwingt zur Anerkennung der Objektivität des Zufalls, des Entstehens immer neuer Möglichkeiten mit anschließender Selektion.

Im weiteren soll nun gezeigt werden, wie die beiden ersten Typen von Informationsverarbeitungsprozessen schon auf molekularem Niveau bewältigt [291] werden und welche spezifischen Probleme die Frage nach der möglichen Realisierung auch eines höheren Typs aufwirft.

Es wird dabei ausgegangen von der untersten Stufe der einfachen Wechselwirkung, die die Grundlage bietet für die selektive Unterscheidung. Unterscheiden muß ein System können, wenn es elementare Identifizierungsleistungen und Klassifikationen (Erkennungsleistungen) vollbringen soll. Wie zu zeigen ist, erfüllt eine Reihe molekularer Mechanismen die Bedingungen der Definition des 1. Typs. Es geht hierbei insbesondere um das Lesen, Wiedererkennen und Wiederauffinden von Informationen, als Ausdruck elementarer Erkennungsleistungen. Im Sinne des 2. Typs geht es weiterhin um das Problem der Verbesserung der Erkennungsleistung im Zusammenhang mit den Mechanismen zur Regulation des Zellstoffwechsels. Im Sinne der Realisierung höherer Typen von Informationsverarbeitungsprozessen geht es dann um heute

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

noch ungeklärte Fragen nach einem System, das selbst in der Lage ist, sein Programm für die Erkennung aus Erfahrungswerten zu bilden bzw. zumindest zu modifizieren, d. h. in der Lage ist zu lernen. Hierbei gilt es, das instruktive vom selektiven Lernen zu unterscheiden, wobei deutlich wird, daß letzteres für molekulare Systeme wahrscheinlicher ist.

Die erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten bei der Bewältigung dieser Probleme führen zu einer verstärkten philosophischen Diskussion im Bereich der molekularbiologischen Forschung. Philosophische Fragen ergeben sich weiterhin aus der Tatsache, daß man zur Darstellung der zuvor angeführten Sachverhalte gezwungen ist, aus der Psychologie (also aus dem Bereich der ideellen Widerspiegelung) entlehnte Begriffe auf materielle Prozesse anzuwenden. Hier ist die Frage nach der Berechtigung eines solchen Vorgehens zu stellen bzw. zu klären, in welchem verallgemeinerten Sinn und unter welchen Einschränkungen solche Begriffe hier verwendet werden können. Ein falsches Verständnis dieser Situation hat in der Tat bei einigen Wissenschaftlern zu der Auffassung geführt, wir hätten es schon auf dem molekularen Niveau der Organisation lebender Systeme mit geistigen Prozessen zu tun. Dagegen wird hier die These vertreten, daß es erforderlich sein wird, den Begriff des Erkennungsprozesses zu verallgemeinern. Damit berühren wir den Problemkreis der Widerspiegelung als einer allgemeinen Eigenschaft der Materie. Im folgenden seien die vier Informationsverarbeitungsprozesse näher erläutert.

1. Am Anfang der Evolution gab es nur Wechselwirkung. Zu ihrem Verständnis ist daher von einem Zustand auszugehen, in dem nur molekulare Wechselwirkungen möglich waren. Solche molekularen Wechselwirkungen werden durch die Quantenphysik und Chemie erforscht (VAN DER WAALSsche Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken, hydrophobe Wechselwirkungen, Dispersionskräfte und kovalente chemische Bindungen). Die Wechselwirkung ist die Grundlage jedes selektiven molekularen Prozesses (jeder chemischen Reaktion, elektrischen Polarisation, Magnetisierung usw.). Nicht jede Wech-[292]selwirkung enthält den Aspekt der Widerspiegelung, m. E. können nur innere Veränderungen in wechselwirkenden Körpern als Widerspiegelung angesehen werden. Es geht darum, äußere Einwirkungen durch innere Veränderungen zu reproduzieren und auf sie zu reagieren.

Es gibt nun einzelne Moleküle, die wesentlich mehr können, als nur mit anderen Molekülen in Wechselwirkung zu treten. Es entstanden Moleküle, wie z. B. Enzyme, die eine bestimmte Spezifität haben und mit Hilfe struktureller Merkmale zwischen verschiedenen Molekülen unterscheiden können. Dieses elementare Erkennen bzw. Unterscheiden ist eine hochspezialisierte Wechselwirkung, die zur Klassenbildung genutzt werden kann. Ihre einfachste Form ist bekanntlich die „Ja-Nein-Entscheidung“. Im chemischen Bereich kann eine solche Entscheidung z. B. durch Wasserstoffbrücken realisiert werden, wie z. B. bei der Paarung von komplementären Basen der Desoxyribonukleinsäure oder bei der Bildung des Enzym-Substrat-Komplexes sowie bei der Antigen-Antikörper-Reaktion. Hier werden an spezifischen Stellen des Proteins durch komplizierte Wechselwirkungen entsprechende strukturelle Veränderungen hervorgerufen.

Die Transkription und die Translation, die Übertragung der Information von der DNS, als dem primären Informationsspeicher, zur RNS und von der RNS zur Aminosäuresequenz der Polypeptidkette ist ein typisches Beispiel für das Ablesen gespeicherter Informationen. Auch für das Ablesen ist Unterscheidung erforderlich. Die Replikation verlangt ein störungsfreies Lesen und wieder Speichern der Information. Aber gerade beim Lesen und wieder Speichern, also während die Information in einer labilen Form ist, kann es auf der Ebene der DNS zu Mutationen kommen. Eine andere Form der Mutation liegt vor, wenn die Information in ihrer permanenten Form durch äußere Einwirkungen zerstört wird.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Eine Kombination verschiedener Arten von Unterscheidungen führt zur Wiedererkennung. Sie stellt also eine höhere Form der Unterscheidung dar. Dies verlangt, wie EIGEN und DE MAEYER hervorheben, nach Regeln, nach einem eingebauten Programm, nach dem der Vergleich durchgeführt wird; ganz analog den Prinzipien, nach denen von technischen Automaten die „automatische Zeichenerkennung“ realisiert wird. Im Spezialfall der Erkennung von Zeichen heißt dies zu erkennen, welches Zeichen durch das jeweilige Signal übertragen wird, d. h. festzustellen, ob der Inhalt eines bestimmten Zeichens aus einem bestimmten Zeichenvorrat ist oder nicht. Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit der Wiedererkennung von Informationen ist die Informationsrecherche. Ein automatisiertes Informationsrechercheprozesse soll im Idealfall auf eine spezifische Anfrage mit einer spezifischen Antwort reagieren, d. h. die benötigte Information und nur diese liefern. Eine Immunreaktion auf eine Infektion schließt nun wahrscheinlich solche Informationsrechercheprozesse mit ein, denn nach den heute vertretenen Selektionstheorien ist das Antigen ein selektiver Stimulus, der die Produktion des genetisch determinierten Antikörpers verursacht, dessen Spezifität durch die Gene determiniert ist. Hier zeigt sich deutlich die Problematik [293] des Wiederauffindens von Informationen, der Informationsrecherche. Das hier hervorgehobene Lesen, Wiedererkennen und Wiederauffinden von Informationen als Ausdruck elementarer Erkennungsleistungen, hat die Fähigkeit zur selektiven Unterscheidung (homomorphen Abbildung) im Sinne der Identifizierung eines Umweltzustandes mit einem Parameterwert aus einer vorgegebenen Menge von möglichen Informationen (aus der Gesamtheit der möglichen Informationen über den Systemzustand) zur Voraussetzung. Der Sinn der Identifizierung besteht darin, in Abhängigkeit von wiedererkannten Umweltzuständen Reaktionsweisen zu finden, die zweckmäßig sind. Dazu sind in der Regel Klassenbildungen in der Menge der Informationen mit dem Ziel notwendig, jede Klasse isomorph auf eine der möglichen Antwortreaktionen abzubilden (Zuordnung).

Informationsverarbeitung beschränkt sich nun nicht auf solche elementaren Identifizierungsleistungen, sondern ist vor allem Verknüpfung von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien. Damit wird es nicht nur möglich, die Steuerfunktion, die einfache Zuordnung zu realisieren, sondern auch die Regelungsfunktion.

2. Bei diesem Typ von Informationsverarbeitungsprozessen ist ein System von prozeßauslösenden Maßnahmen vorgegeben, unter denen je nach dem geforderten Ziel in eindeutiger Weise auf Grund der im Prozeß gelieferten, nach geeigneten fixen Algorithmen verarbeiteten Informationen gewählt werden kann. Bei Abweichungen des Prozeßverlaufes von vorgegebenen Sollwerten wird selbsttätig die Einwirkung gewählt, die die Abweichung kompensiert und so eine Verbesserung der Leistung erzielt.

Die einzelne Zelle ist in der Lage, ihren Stoffwechsel den gegebenen funktionellen Bedürfnissen in Reaktion auf Veränderungen der Umwelt anzupassen, so z. B. durch Erhöhung der Produktbildung durch verbesserte Erkennung des Substrats. Es wird also nicht nur Information abgelesen und gespeichert, sondern hier wird auch die Funktion der Unterscheidung und Wiedererkennung verbessert. Dies ist insbesondere deutlich bei den allosterischen Effekten, bei der sogenannten feedback inhibition, dem Mechanismus zur Kontrolle der Enzymaktivität, und bei der Induktion und Repression, dem Mechanismus zur Kontrolle der Enzymsynthese (JACOB, MONOD, UMBARGER).

Bei solchen Systemen erfolgt eine Anpassung durch Auswahl aus einer genau definierten Anzahl möglicher Verhaltensweisen. Kompliziertere Systeme des gleichen Typs verfügen über endlich viele feste Algorithmen, von denen durch einen Führungsalgorithmus derjenige ausgewählt wird, der der jeweiligen Situation am besten entspricht. Das System ist also in der Lage, jeweils eine solche Informationsverarbeitung zu wählen, die ihm eine bessere Erfüllung der Aufgabe gestattet. Hier findet also eine Zuordnung zu verschiedenen vorgegebenen Klas-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sen von Verhaltensweisen statt. Die hier realisierbaren verbesserten Verhaltensweisen einfacher technischer, biologischer und gesellschaftlicher Systeme sind noch kein Lernen im eigentlichen Sinn. Es besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen einem System, welches seine [294] bisherigen Fähigkeiten, z. B. Erkennungsleistung, verbessert, und einem solchen System, das lernt, auf neue Weise zu reagieren.

3. und 4. Die bisher besprochenen Systeme sind zur Erfüllung von Aufgaben unter von vornherein bekannten Bedingungen bestimmt. Diese Systeme reagieren auf Veränderungen nach festgelegten Regeln. Sie haben aber nicht die Fähigkeit, sich selbst (automatisch) auf irgendwelche Änderungen der Eigenschaften der zu regelnden Prozesse selbst oder der äußeren Bedingungen einzustellen. Systeme, die in der Lage sind, ihre Parameter zur Erreichung optimaler Prozesse selbst zu verändern, können dagegen nicht nur die Abweichungen vom tatsächlichen Verlauf des zu steuernden Prozesses von dem geforderten, sondern insbesondere auch mögliche Veränderungen der Umweltbedingungen berücksichtigen. Das System paßt sich automatisch den Änderungen an, indem es seine Programmstruktur verändert. Ein technisches System kann mögliche Programme ermitteln und erproben und durch Speicherung der bei der Anwendung erzielten Ergebnisse sowie ihrer Bewertung entsprechend eines vorgegebenen Wertsystems bzw. Gütekriteriums diese weiter verbessern und dadurch eine den jeweiligen Bedingungen entsprechende Verhaltensweise realisieren. Die Adaption eines solchen Systems beruht demnach auf einer zielgerichteten Veränderung seines ihm zugrunde liegenden Algorithmensystems. Es bedarf neben diesen Grundregeln einer allgemeinen Regel zur Veränderung der Grundregeln gemäß der äußeren Bedingungen.

Technische Automaten wie die Lernmatrix von STEINBUCH oder das Perzeption von ROSENBLATT zum automatischen Erkennen und einfachen Problemlösen wurden vom Menschen zu dieser Leistung befähigt. Die Struktur von Systemen mit algorithmisiertem Lernverhalten läßt erkennen, daß eine Reihe von Voraussetzungen für die Realisierung gegeben sein muß. Diese Voraussetzungen sind unter bestimmten Bedingungen z. B. für die komplexe Prozeßsteuerung zu realisieren, nicht jedoch für komplizierte Problemlösungsprozesse des Menschen. Daher ist letzterer Typ von dem einfachen algorithmisierten Lernverhalten technischer Systeme zu unterscheiden. Hier werden die Aufgaben zusammengefaßt, für deren Lösung die zu verarbeitenden Informationen erst zusammengestellt und ein Verarbeitungsalgorithmus zum Teil erst während des Prozesses erarbeitet werden muß. Dies zwingt zum Dialog zwischen Automat und Mensch. In diesem Fall ist das Wertsystem nicht vorgegeben, sondern wird auch erst in der Wechselbeziehung zwischen Automat und Mensch herausgebildet [41 f.].

Betrachten wir nun Lebensvorgänge so ist es nicht möglich, das menschliche Bewußtsein entweder vorauszusetzen oder in den Prozeß zu implizieren. Wie EIGEN hervorhebt, muß es in der Evolution ein System geben, das dies selber tut. Es muß ein System gefunden werden, das das Programm für die Erkennung einschließlich des dazu erforderlichen Wertsystems selbst aufbaut. Wie EIGEN und DE MAEYER (**30e**) weiter hervorheben, führt die Anwendung des Begriffs des Lernens auf dem molekularen Niveau zu einer [295] neuen Dimension bzw. neuen Ebene. Das Vorhandensein einer solchen Organisation ist eine neue Erscheinung in der Evolution.

Unter dem Gesichtspunkt, ob zur Lösung der gestellten Informationsverarbeitungsaufgabe mit fixen oder mit variablen Verarbeitungsprogrammen gearbeitet werden kann bzw. muß, können die Informationsverarbeitungsprozessen des Typs 1 und 2 denen des Typs 3 und 4 gegenübergestellt werden. Erstere gelten für weite Bereiche des einfachen tierischen Verhaltens, letztere besonders ausgeprägt für höhere Lebewesen und den Menschen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Bei einer Verarbeitung nach angeborenen Schemata entspricht einer bestimmten Reizkombination zu allen Zeiten ein und dieselbe Verhaltensform, d. h., eine ganz bestimmte Verhaltensweise ist das Ergebnis einer bestimmten Zuordnung auf Grund einer Identifizierung von Umweltsituationen durch Reizkombinationen. Dieser Identifizierungs-Zuordnungs-Mechanismus ist sehr leistungsfähig, wenn sich die Umwelt nicht grundsätzlich ändert (also unter jenen Umweltbedingungen, für die er in der Phylogenese programmiert wurde), d. h. wenn keine neuartigen Aufgaben auftreten. Eine neugeborene Gemse bleibt auf einem Felsblock stehen, ohne abzustürzen. Die Starrheit der angeborenen Verhaltensweise gewährleistet unter normalen Umweltbedingungen eine besondere Sicherheit, jedoch versagen diese Mechanismen in phylogenetisch nicht vorgesehenen Fällen.

Soll ein System in der Lage sein, auf noch nicht vorausgesehene Anforderungen zu reagieren, so muß eine andere Form der Informationsverarbeitung gewählt werden – eine Verarbeitung durch Kopplung mit individueller Erfahrung.

In diesem Falle werden die empfangenen Informationen zuerst mit schon im Gedächtnis gespeicherten Informationen in Beziehung gebracht, hinsichtlich ihres Nutzens bewertet und erst dann eine entsprechende Reaktion ausgewählt.

Bei Lebewesen, die über ein Zentralnervensystem verfügen, kommt also zu der zuvor besprochenen Methode ein völlig neues und andersartiges Prinzip des Informationsgewinns – das Lernen – hinzu. Das Entscheidende besteht darin, daß der Erfolg oder Mißerfolg einer bestimmten Verhaltensweise auf das Programmsystem rückgekoppelt wird und dessen Wirkung im Falle des Erfolges verstärkt, im Falle des Mißerfolges jedoch abschwächt. Hier wird also an dem Schema bzw. Programm des Verhaltens eine Veränderung vorgenommen, die eine dauernde Verbesserung und Veränderung des Verhaltens bewirkt.

Das lernende System ist also nur mit einem Anfangsprogramm versehen (dem bei Lebewesen der unbedingte Reflex entspricht), das dann durch die in der Auseinandersetzung mit der Umwelt gewonnenen Informationen detailliert wird (d. h., es werden bedingte Reflexe ausgebildet).

Wie ist dies nun aber auf molekularem Niveau? Kann auch die einzelne Zelle schon die höheren Typen von Informationsverarbeitungsprozessen realisieren?

[296] Wie wir sahen, verfügt die einzelne Zelle über komplizierte Regulationsmechanismen, die ihr ein entsprechend vielfältiges Anpassungsverhalten 1. Art gestatten. Verfügt sie aber auch schon über solche Anpassungsmechanismen, die etwa nur zum Teil von den Genen kontrolliert und im einzelnen erst in der Wechselwirkung mit der Umwelt spezifiziert werden, liegt hier schon ein System vor, das in der Lage ist, auf der Grundlage individueller Erfahrungen sein Programm zu detaillieren, d. h. zu lernen?

Bis zur Stufe des Erkennens konnten wir noch relativ konkrete Aussagen machen. Wie deutlich wurde, brauchten wir uns bis zu dieser Stufe auch keine Gedanken darüber zu machen, wie die Programme entstanden sein können. Der nächste Schritt führt zum Problem des Erinnerns, des Gedächtnisses auf molekularem Niveau. Hier beginnen die großen Schwierigkeiten, hier sind im Augenblick die Grenzen unserer Erkenntnis erreicht. Es stellt sich die Frage, auf welcher Grundlage es erlaubt ist, wenigstens in kleinen Schritten, über das bisher Bekannte hinaus zu spekulieren.

Ausgehend von der logischen Struktur der zuvor herausgearbeiteten allgemeinen Typen von Informationsverarbeitungsprozessen kann zunächst gesagt werden, daß im Zusammenhang mit Lernprozessen der Einbau von Informationen (Erinnerungen) in ein System, das sein Programm selbst aufbauen oder zumindest modifizieren kann, zu untersuchen ist. Dies erfordert Rückkopplungsprozesse. Die Konzeption der chemischen Rückkopplung ist für die An-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

passungsvorgänge 1. Art wie für die 2. und 3. Art für die algorithmisierten Lernvorgänge, die Selbstorganisation wesentlich. Hierbei sind die im Vorangegangenen hervorgehobenen allosterischen Enzyme von besonderem Interesse. Sie stellen eine höhere Form der Entwicklung dar, sie ermöglichen, daß Informationen von „außen“ – von anderen Stoffwechselwegen – die Reaktionsfähigkeit der Enzyme beeinflussen. Das Proteinmolekül kann dadurch Eigenschaften zeigen, die es zuvor nur der Potenz nach hatte.

Weiterhin ist eine Speicherung früherer Erfahrungen in der Auseinandersetzung mit der Umwelt als Nachstellgröße, die zu einer verbesserten Antwort fährt, notwendig. Damit wird eine Wertskala aufgebaut, die eine Selektion (einen elementaren Darwinismus auf molekularem Niveau) ermöglicht.

Der Mechanismus der Immunisierung besitzt offensichtlich Merkmale eines Lernvorganges. Benutzt er derartige molekulare Prozesse? Es ergibt sich die Frage, ob der molekulare Prozeß der Synthese eines spezifischen Antikörpers bei der Infektion nur ausgelöst oder erlernt wird. Im Zusammenhang mit der Lernhypothese ist der instruktive Mechanismus vom selektiven zu unterscheiden.

### 9.2.1. Immunbiologisches Gedächtnis

Sprechen wir von „biologischem Gedächtnis“ auf molekularer Ebene, so ist dies eng verbunden mit der Tatsache der makromolekularen Spezifität. Es kann angenommen werden, daß die entscheidende Möglichkeit zur Spei-[297]cherung von Informationen auf molekularem Niveau durch die Polymerisation der Makromoleküle gegeben ist. Die entscheidende Rolle der Spezifität der Makromoleküle wurde besonders deutlich gezeigt von der Molekulargenetik (INGRAM, **61**) und von der Immunologie (GITTIN, **44**), wobei die eine das „genetische Gedächtnis“ und die andere sozusagen das „immunbiologische Gedächtnis“ genauer untersucht.

Mit den Erbanlagen verfügt ein Lebewesen über ein vorprogrammiertes „Gedächtnis“, mit dessen Hilfe es im Verlaufe der Evolution durch Mutation und Selektion sog. langfristige phylogenetische Lernvorgänge realisieren kann. Aber auch für die weit schnelleren Lernvorgänge auf der Ebene der einzelnen Zelle (ontogenetisches Lernen durch Selektion) kommen, wie am Beispiel der Immunität gezeigt werden kann, molekulare Prozesse in Frage.

Als erstes sei zu der zunächst weithin angenommenen Hypothese des Lernens durch Instruktion Stellung genommen. Das Denkmodell der lernenden Organisation im Sinne der Instruktion (der Informationsaufnahme aus der äußeren Umwelt) spielte eine wesentliche Rolle bei den ersten tastenden Versuchen der Biochemie, zu untersuchen, wie gelernte Information gespeichert werden könnte.

Einige Naturwissenschaftler haben zu einer Zeit, als noch sehr unvollständiges molekularbiologisches Tatsachenmaterial vorlag, die Auffassung vertreten, daß Immunisierung nur auf der Grundlage einer direkten Umkehrung des Informationsflusses (also vom Protein auf die Nukleinsäuresequenz) möglich wäre, da anders die Vielfalt von Antigenstrukturen und die begrenzte genetische Kapazität nicht in Übereinstimmung gebracht werde könne. Inzwischen sind Daten gewonnen worden, die zeigen, daß die leichte und schwere Kette des Immunoglobulins durch m-RNS determiniert werden. Gegenwärtig ist man dabei, die Nukleotidsequenz dieser RNS aufzuklären. Die Vielfalt kommt wahrscheinlich durch spezifische Rekombinationsprozesse zustande. Der molekulare Mechanismus ist bisher noch nicht völlig aufgeklärt worden; er folgt jedoch in den Grundlinien dem zentralen Dogma der Molekularbiologie und dürfte sich auf genetischer wie epigenetischer Ebene abspielen. Gegen die Instruktionshypothese lassen sich heute insbesondere folgende Fakten (vgl. G. PASTERNAK (**118b**) anführen:

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

1. Die Strukturanalyse von Immunglobulinen hat nachgewiesen, daß die variablen Anteile der L- und H-Ketten mit den Bindungsorten für Antigene, Regelmäßigkeiten in der Position bestimmter Aminosäuren aufweisen. Dabei zeigte sich, daß Peptidketten von Maus und Mensch mehr Ähnlichkeit haben können als Ketten von Antikörpersubklassen des Menschen. Dieser Befund läßt sich nur mit der phylogenetischen Entwicklung der betreffenden Gene, die diese Peptide codieren, interpretieren.

2. Durch die Instruktionshypothese ist schwer zu erklären, daß ein Antikörpermolekül immer zwei identische Antigenbindungsorte besitzt.

3. Antikörperbildende Zellen und ihre Präkursoren tragen Immunglobulinrezeptoren für Antigen an der Oberfläche. Die Elimination einer derartigen Zellpopulation mit Hilfe der Antigen-Affinitätsmethode verursacht, [298] nachdem der Organismus mit den verbleibenden immunkompetenten Zellen repopularisierbar wird, eine scharfe Reduktion der Antikörperbildung gegen das betreffende Antigen. Die Reaktionsfähigkeit gegen andere Antigene bleibt normal.

Es ist von großem, wissenschaftstheoretischem, historischem und methodologischem Interesse, die verschiedenen Erklärungsversuche bzw. Hypothesen über die Antikörperbildung zu diskutieren, die aufgestellt wurden, um der Lösung dieses Rätsels näher zu kommen.

Einer der ersten, der sich mit diesen Problemen beschäftigte, war PAUL EHRLICH. Er ging von der Annahme aus, daß alle Information (Potenz) in den antikörperbildenden Zellen bereits vorhanden ist. Hier ist alles sozusagen schon informativ prädeterminiert. Das Antigen sucht nur den passenden Antikörper heraus, es veranlaßt die Vermehrung dieses vorgebildeten Antikörpers, nimmt aber auf dessen Spezifität keinen Einfluß. Diese Vorstellung finden wir in der späteren „natürlichen Selektionstheorie“ von JERNE bzw. auch in der „Klon-Wahl-Theorie“ von BUGNET wieder. Es liegt bei all diesen Vorstellungen ein Wiedererkennungs- bzw. Informationsrechercheprozeß im zuvor definierten Sinne vor. Dies muß jedoch auch angenommen werden bei der im Gegensatz zu dieser Selektionstheorie stehenden Instruktionstheorie. Unter Instruktion soll hier verstanden werden die Aufnahme einer irgendwie gearteten Information in Form von Faktoren der äußeren Umwelt, z. B. von Makromolekülen, die in oder an die Zelle, direkt oder indirekt, die Information für eine makromolekulare Synthese abgeben, für die die Zelle keine eigene genetische Information besitzt und dann doch benötigen würde.

In der von LANDSTEINER beeinflußten, von PAULING, HAUROWITZ u. a. vertretenen Instruktionstheorie wurde angenommen, daß das Antigen als Matrize wirkt, so daß komplementäre Muster auf den Serumglobulinen hervorgerufen werden und so die Antikörperspezifität hervorgebracht wird. Nach dieser Auffassung liefert das Antigen somit die Instruktion für die Synthese eines Proteins mit einer spezifischen Funktion. Von dieser Vorstellung ging auch die Paulingsche Faltungstheorie aus. PAULING nahm eine einheitliche Primärstruktur für alle Antikörper an, d. h., daß die Polypeptidketten aller Antikörper identische Aminosäuresequenzen aufweisen würden und sich nur in der Konfiguration unterscheiden. Diese Hypothese mußte aufgegeben werden, als es mit einer verfeinerten Analysetechnik gelang, bei Antikörpern unterschiedlicher Spezifität Unterschiede in der Aminosäurezusammensetzung nachzuweisen und gezeigt werden konnte, daß diese Primärstruktur die Spezifität der Antikörper bestimmt.

Wir haben bis heute also noch keinen Beweis für die Umkehrung des ribosomalen Proteinsynthesemechanismus, d. h. etwa einer spezifischen Programmierung der DNS oder RNS durch eine Proteinmatrix. Die Annahme eines rein informativen Molekularprozesses durch das Eintreten des Substrats oder z. B. eines Antigens wäre spekulativ.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Andererseits ist es ebenfalls unwahrscheinlich, daß im Verlaufe der Evolution für die immense Vielfalt von Antigenen, ja auch Kunstprodukten, das [299] Syntheseprogramm aller möglichen Antikörper vollständig vorcodiert bzw. präformiert ist. Es ist begreiflich, daß in einer solchen schwierigen erkenntnistheoretischen Situation der Einzelwissenschaftler gezwungen ist, nach neuen Denkmodellen zu suchen. In solchen Situationen ist es möglich, daß auch manche hervorragende Einzelwissenschaftler auf alte, überlebte philosophische Konzeptionen zurückgreifen. Es sei hingewiesen auf die Gedanken von SCHRAMM, der sich von der PLATONschen Ideen-Lehre eine Hilfe verspricht.

Unter Nutzung der Erfahrungen aus der Diskussion um die Determinismusproblematik, insbesondere hinsichtlich der Anerkennung der Objektivität des Zufalls, des Entstehens immer neuer Möglichkeiten als Ausdruck der dialektischen Einheit von Notwendigkeit und Zufall, können andere Wege eingeschlagen werden.

Eine andere Möglichkeit besteht im Lernen durch Selektion. Beide Alternativen, Präformation oder Instruktion, sind unwahrscheinlich. Es ist dagegen wahrscheinlich, und es ließe sich eine entsprechende Hypothese formulieren, daß es zu einer Zusammenlagerung verschiedener vorcodierter Teilprogramme kommt. Das bedeutet, daß das molekulare Lernen z. B. bei Immunisierungsvorgängen in Selektionsprozessen besteht. Es vollzieht sich auf der Grundlage von vererbten oder in der frühen Embryonalzeit, durch ein statistisches Durchspielen einer großen Mannigfaltigkeit nur teilweise vererbbarer Antikörperstrukturen mit anschließender Selektion erworbener bzw. neu zusammengelagerter Programme.

Die Fähigkeit der einzelnen Zelle zur Kategorisierung und Zusammenlagerung vorcodierter Teilprogramme, d. h. eine Lern- bzw. Adaptationsfähigkeit höherer Art, wäre also auch auf molekularer Grundlage denkbar. Entscheidend ist, daß die verschiedenen spezifitätsbestimmenden Strukturen durch einen Wahrscheinlichkeitsprozeß zustande kommen (HILSCHMANN, **53d**), einmal wie er in der Evolution gegeben ist, und zum anderen bei der Kopplung der Teilprogramme. Selektion, nicht Instruktion, ist die Grundlage für diesen Prozeß.

Wir verdeutlichten die Spezifität der Reaktion der Antikörper und hoben hervor, daß die Anzahl differenzierter Abwehrspezifitäten nicht kleiner als die Anzahl möglicher Krankheitserreger sein dürfte, ja wesentlich höher liegen müßte, da der Organismus praktisch in der Lage ist, gegenüber einer Vielzahl von Antigenen, auch gegenüber Kunstprodukten, also Stoffen, die bisher in der Natur noch gar nicht aufgetreten sind, spezifische Antikörper zu bilden.

Lange Zeit glaubte man, diese Problematik durch die Instruktionshypothese lösen zu können, dadurch, daß eben das eindringende Antigen die entsprechende Information für die Bildung spezifischer Antikörper mitliefert. Es kann heute im einzelnen überzeugend nachgewiesen werden, daß diese Instruktionshypothese nicht mehr haltbar ist.

Ist aber damit die andere These, daß alles schon präformiert ist, von vornherein richtig? Bei der Fragestellung „Instruktion oder Präformation“ muß man m. E. genau angeben, auf welche Ebene und auf welchen Zeitpunkt [300] (eben die molekulare Ebene und den Moment der Proteinsynthese) man sich bezieht.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, ist hervorzuheben, daß es durchaus richtig ist zu vermuten, wie heute allgemein angenommen wird, daß zumindest in dem Moment, in dem die Proteine gebildet werden, alles vollkommen vorcodiert bzw. präformiert ist. Entsprechend der Selektionshypothese ist es also eine Auswahl dessen, was schon da ist.

Bezogen auf den Augenblick, in dem die Proteine produziert werden, ist dies richtig. Präformation im philosophischen Sinne bedeutet jedoch die Annahme, daß bestimmte Strukturen schon immer von vornherein vorhanden waren, und in diesem Sinne ist m. E. die Präformationsthese genau so unwahrscheinlich. Es ist daher zu fragen, ob nicht in frühen Stadien noch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ein Durchspielen oder eine Vervielfältigung der genetischen Information durch somatische Mutationen oder Rekombinationen erfolgt. Um dieser vollständigen oder absoluten Präformation zu entgehen, wird von J. MONOD die Hypothese des Rouletts eingeführt.

J. MONOD schreibt: „Man hat im übrigen gezeigt, daß der Organismus fähig ist, Antikörper zu bilden, die praktisch jedem beliebigen natürlichen oder synthetischen sterischen Erscheinungsbild angepaßt sind. Die Möglichkeiten in dieser Hinsicht scheinen praktisch unbegrenzt zu sein.

Man hat daher lange Zeit angenommen, die Informationsquelle für die Synthese der spezifischen assoziativen Struktur des Antikörpers sei das Antigen selbst. Nun ist heute bewiesen, daß die Struktur des Antikörpers sich nicht aus dem Antigen ableitet; spezialisierte, in großer Zahl erzeugte Zellen innerhalb des Organismus besitzen die einzigartige Eigenschaft, mit einem genau festgelegten Teil der genetischen Segmente, durch welche die Struktur der Antikörper bestimmt wird, ‚Roulett zu spielen'. Die genaue Funktionsweise dieses spezialisierten, überschnellen genetischen Rouletts ist noch nicht vollständig aufgeklärt; es ist jedoch wahrscheinlich, daß dabei sowohl Rekombinations- wie auch Mutationsvorgänge im Spiel sind: die einen wie die anderen entstehen auf jeden Fall zufällig, ohne von der Struktur des Antigens irgend etwas zu wissen. Das Antigen betreibt dagegen eine Selektion und fördert bevorzugt die Vermehrung jener Zellen, die einen Antikörper produzieren, der es (das Antigen) erkennen kann." (**106a**, S. 155-156.)

Natürlich ist das hier verwendete Bild vom Roulett von seiner Zufallskonzeption bestimmt (operativer Zufall). Was ich hier aber hervorheben möchte, ist die philosophische Hypothese, die widerlegt oder bestätigt werden kann, daß die Möglichkeit des hochentwickelten Organismus, sich rundum zu verteidigen, nur möglich ist, wenn Zufallsprozesse dabei eine Rolle spielen, denn nur der Zufall schafft eine solche Potenz.

Gehen wir von einer solchen Hypothese aus, dann wird deutlich, daß Lernen hier im wesentlichen nicht in einem Informationsgewinn aus der normalen räumlichen Umwelt besteht. Es wird nicht, wie beim technischen System (dem lernenden Automaten), „reaktiv" ein Zustand höherer Organisation angestrebt, sondern aktiv auf der Grundlage der Bedingungen im System [301] selbst. Deshalb spricht man hier besser von einer neuen Form des Verhaltens, das über das einfache Lernverhalten im Sinne eines Informationsgewinns aus der Umwelt hinausgeht.

Wir mußten über die uns heute von der Automatisierungstechnik gebotenen Modellvorstellungen hinausgehen, denn anschauliche Modelle versagen dort, wo wir, wie beim Prozeß der Höherentwicklung (der Informationsvermehrung), die innere Widersprüchlichkeit der Materie zu berücksichtigen haben.

### 9.2.2. Neurales Gedächtnis

Die Erforschung der Lern- und Gedächtnisleistungen, der Informationsspeicherung und der ihr zugrunde liegenden molekularen und zellulären Prozesse ist eine wesentliche Voraussetzung zum Verständnis der Fähigkeiten des hochentwickelten Nervensystems.

Die Molekularbiologie hat in jüngster Zeit wesentliche Erkenntnisse über die Prinzipien der Informationsspeicherung auf der zellulär-molekularen Ebene der Organisation lebender Systeme gewonnen.

Der menschliche Lebensprozeß ist in seiner Spezifik eng verbunden mit der Fähigkeit, Erfahrungen zu sammeln und entsprechend den gespeicherten Informationen nicht nur das Verhalten im Sinne einer Anpassung zu verändern, sondern aktiv auf die Umwelt einzuwirken. Die Ergebnisse der Molekularbiologie tragen dazu bei, immer deutlicher zu erkennen, welche spezifischen Leistungen der Nervenzelle für die höhere Nerventätigkeit von Bedeutung sind,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

welche Funktionen die Grundlage der psychischen Prozesse und kognitiven Leistungen, der komplizierten Informationsverarbeitungsprozesse im hochentwickelten Nervensystem bilden.

Die möglichen biochemischen Grundlagen des Langzeit-Gedächtnisses werden gegenwärtig intensiv diskutiert. Welche Veränderungen treten auf, wenn Erfahrungen aus der Auseinandersetzung mit der Umwelt gespeichert werden? Worin bestehen die funktionellen Grundlagen für den Prozeß der Erhaltung der Information über längere Zeit?

Eine heute vertretene fruchtbare Arbeitshypothese von H. MATTHIES (**105a**, **b**) geht davon aus, „daß durch eine bestimmte Kombination von äußeren Reizen und inneren Milieubedingungen im Nervensystem über bereits bestehende Verbindungen von Nervenzellen räumlich-zeitliche Erregungsmuster entstehen. Diese Systemaktivität und die damit verbundene Aktivität der Verbindungsstellen, die synaptische Aktivität, ist durch biochemische Prozesse gekennzeichnet, d. h. eine chemische Erregungsübertragung zwischen den Nervenzellen, in deren Verlauf Konzentrationsänderungen und Dislokationen von Überträgerstoffen und deren Stoffwechselprodukten auftreten. Diese als ‚Messenger-Metaboliten' bezeichneten Stoffe können unmittelbar zur Änderung der funktionellen Eigenschaften der Verbindungsstellen oder Synapsen führen, sei es durch Konformationsänderungen von Membranproteinen durch Aktivitätsänderungen von [302] Enzymen, welche am Stoffwechsel der Überträgerstoffe beteiligt sind. Diese Regulation bezeichnen wir als ‚Synaptosomale Regulation', weil sie sich unmittelbar im Bereich der Synapsen vollzieht. Sie wird relativ schnell wirksam, ist aber wahrscheinlich nur von kurzer Dauer. Die Messenger-Metabolite können aber auch auf die Gen-Expression im Zellkern einwirken und zu einer quantitativen oder qualitativen Änderung der Transkription führen. Diese Form, als ‚nukleare Regelung' bezeichnet, läuft über die Stufe der RNS- und Proteinsynthese und wird deshalb langsamer wirksam, als die synaptosomale Regelung. Im Ergebnis führt sie aber zu dauerhafteren Veränderungen der Synapsenfunktion, sei es durch Umbau von synaptischen Membranen oder durch vermehrte Bildung von Rezeptor-Proteinen." (**105a**, S. 22.)

Hier wird deutlich, wie die neuen Erkenntnisse der Molekularbiologie über die Informationsspeicherung und -übertragung sowie über die Regulation des Zellstoffwechsels für die Weiterentwicklung der Neurophysiologie und Hirnforschung, für die Erweiterung unserer Kenntnisse über das Nervensystem fruchtbar gemacht und neue Ausgangspunkte für die Lösung einer Reihe von Problemen gewonnen werden.

Es kann versucht werden, eine Antwort zu finden auf die Frage, welcher Art die Prozesse sind, durch welche eine Erinnerung dauerhaft, die Information invariant wird; ob dem Kurzzeit-Gedächtnis derselbe Mechanismus zugrunde liegt wie dem Langzeit-Gedächtnis oder ob hier zwei Arten der Informationsspeicherung vorliegen, die auf verschiedenen physiologischen Prozessen beruhen. Eine Antwort auf diese Fragen wird uns dem Verständnis des neuralen Gedächtnisses wesentlich näher bringen.

Für die Hypothese einer Informationsspeicherung in zwei Stufen sprechen Ergebnisse aus den Untersuchungen von Patienten mit Gedächtnisstörungen, Ergebnisse aus Gedächtnis-Unterbrechungen durch Elektroschock sowie Ergebnisse der Förderung von Gedächtnisleistungen durch Pharmaka.
Es kann auch angenommen werden, daß die bei den hier postulierten Formen der intrazellulären Regelung der interneuralen Verbindungen getroffene Unterscheidung annähernd der aus der Gedächtnisforschung bekannten Unterscheidung zwischen Kurzzeit- und Langzeit-Gedächtnis entsprechen könnte. Bei der Speicherung der Information muß nach den Ergebnissen der Gedächtnisforschung angenommen werden, daß eine irgendwie geartete, mehr oder weniger dauerhafte Spur (Struktur) entsteht, die nicht wie bei einem Magnetband einfach eingeschrieben, sondern erst von einem Kurzzeitspeicher vorübergehend aufgenommen und dann erst in einem zweiten Schritt in einem Langzeit-Gedächtnis gefestigt wird.
Es gibt eine Reihe von Befunden, die die Hypothese stützen. So konnte man beobachten, daß durch Hemmstoffe der Proteinsynthese das Kurzzeit-Gedächtnis nicht beeinflußt wird, jedoch die Ausbildung des Langzeit-Gedächtnisses, während das ausgebildete Langzeit-Gedächtnis wiederum relativ unempfindlich gegenüber einer Hemmung der Proteinsynthese ist.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

MATTHIES und Mitarbeiter untersuchten, ob im Anschluß an ein Lernexperiment eine gesteigerte RNS-Synthese nachzuweisen ist. Sie konnten in bestimmten Hirnregionen eine vermehrte Inkorporation markierter RNS-[303]Vorstufen feststellen, an die sich ein erhöhter Ausstrom markierter RNS in den Zellkörper und die Nervenfortsätze anschloß. Es ließ sich dann im Anschluß daran eine erhöhte Proteinsynthese in den gleichen Hirngebieten nachweisen. Dabei zeigte sich, daß die Proteinsynthese unter sonst gleichen Bedingungen um so mehr gesteigert ist, je schneller ein Tier lernt.

Es zeigte sich, daß offensichtlich die RNS-Synthese bestimmend für die Geschwindigkeit und das Ausmaß dieser Regulationsprozesse ist, denn nach Verabreichung bestimmter RNS-Vorstufen konnte sowohl die Steigerung der RNS-Inkorporation im Lernexperiment weiter erhöht als auch eine Beschleunigung der Bildung des Langzeit-Gedächtnisses erzielt werden (s. auch Abb. 28).

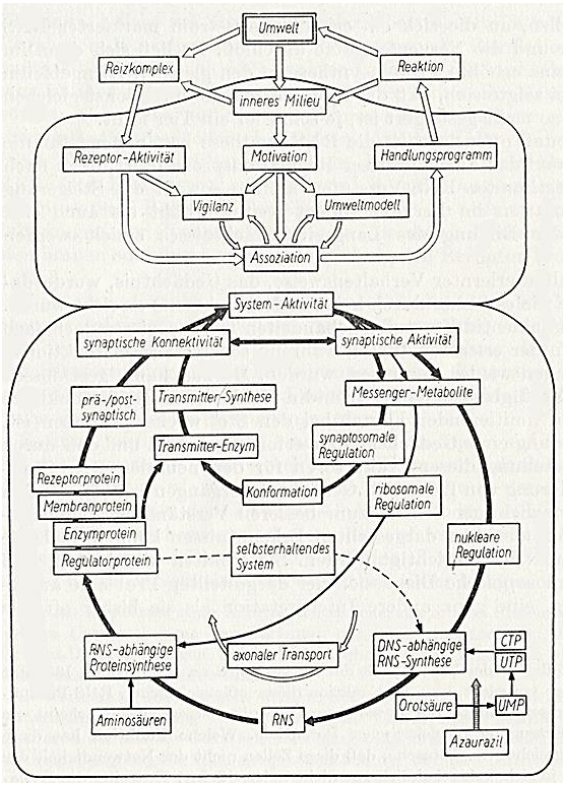



Abb. 28. Die intrazelluläre Regulation der synaptischen Verknüpfung von Nervenzellen – als eine Grundlage der Informationsspeicherung im Nervensystem (nach MATTHIES (**105a** u. **b**). [Abb. 28, S. 304 des Buches]
Der obere Teil des Schemas stellt wesentliche Teilprozesse der Informationsverarbeitung in der Ebene der Systemorganisation dar. Das biologische Substrat dieser Prozesse sind die Nervenzellen in ihrer räumlichen und zeitlichen Verknüpfung, die über die Synapsen erfolgt. Die Aufnahme von Informationen durch das Nervensystem führt zur Aktivität bestimmter, für die jeweilige Reizkombination charakteristischer Nervennetze und der sie verbindenden Synapsen. Diese synaptische Aktivität ist von biochemischen Prozessen in der zellulären Ebene der biologischen Organisation begleitet, die in dem unteren Teil des Schemas dargestellt werden. Sie sind zunächst von Konzentrations- und Ortsveränderungen von Stoffen während der synaptischen Aktivität bestimmt, die hier als „Messenger-[305]Metabolite“ bezeichnet werden. Sie können unter bestimmten Voraussetzungen zwei Arten von Regelprozessen auslösen:
1. Die „*synaptosomale Regulation*“, charakterisiert durch Konformationsänderungen von Membran- oder Enzymproteinen. welche relativ schnell einsetzen und zu zeitlich begrenzten Änderungen der funktionellen Eigenschaften der aktivierten Synapsen führen. Diese Änderungen bewirken Erregungsbahnen in den durch die primären Reizkombinationen aktivierten Nervennetzen und bilden auf diese Weise die funktionelle Basis für ein „Kurzzeit-Gedächtnis“.
2. Die „*nukleare Regulation*“ ist durch die Wirkung der „Messenger-Metabolite“ auf die Transkription der genetischen Information charakterisiert. Sie führt zu quantitativen und/oder qualitativen Änderungen der RNS-Synthese und der davon abhängigen Proteinsynthese. Die Änderungen in der Bildung von Enzym-, Membran-,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Regulator- oder Rezeptor-Protein führen nach einer durch die Zeitkonstanten der Makromolekülsynthese bedingten Verzögerung zur anhaltenden Veränderung der funktionellen Eigenschaften der primär aktivierten Neurone und ihrer Synapsen. Die damit verbundene dauerhafte Bahnung von Erregungen könnte die biologische Grundlage des „Langzeit-Gedächtnisses“ bilden, insbesondere wenn irreversible Änderungen der Transkription ausgelöst wurden.
Die Information ist nicht durch die Spezifität der ablaufenden elementaren biochemischen Prozesse selbst oder der gebildeten Makromoleküle bestimmt, sondern durch die Spezifität der räumlichen und zeitlichen Muster der Erregung von Nervennetzen auf der Grundlage der im Lernvorgang gebildeten bevorzugten Verknüpfungen von Nervenzellen.

Auch das Behalten erlernter Verhaltensweise, das Gedächtnis, wurde dadurch verlängert, wie es bisher durch keine andere Substanz erreicht wurde. Die mit Pyrimidin-Nukleotid-Vorstufen behandelten Tiere reagieren noch nach über 200 Tagen in der erlernten Weise, während sonst erlernte Reaktionen nach 10 bis 14 Tagen wieder vergessen wurden. Daraus kann geschlossen werden, daß die Verfügbarkeit von Pyrimidin-Nukleotiden für die nukleare RNS-Synthese ein limitierender Faktor bei den Stoffwechselprozessen ist, die für die Ausbildung einer Gedächtnisspur erforderlich sind und daß durch vermehrte Bereitstellung dieser Präkursoren für den neuralen RNS-Stoffwechsel eine Förderung von Lern- und Gedächtnisvorgängen erreicht werden kann. Das ist ein wichtiger Schritt zum besseren Verständnis aller beteiligten Prozesse. Mit den hier dargestellten Erkenntnissen können auch die Befunde von HYDÉN berücksichtigt werden. Sie erhalten hier jedoch, und das ist für die philosophische Diskussion der dargestellten Probleme außerordentlich wichtig, eine ganz andere Interpretation als sie bisher oftmals erfahren haben.

Besonders augenfällig ist der hohe Gehalt der Nervenzellen an RNS. Schon 1958 hat HYDÉN sich die Frage vorgelegt, was die Funktion dieser offensichtlichen RNS-Produktion in den Neuronen sein könnte, die für sie ebenso charakteristisch zu sein scheint wie die Fähigkeit zur Erzeugung bioelektrischer Potentiale. Welche Funktion hat diese RNS-Produktion angesichts der Tatsache, daß diese Zellen nicht der Notwendigkeit der Teilung unterliegen, ja sich wahrscheinlich gar nicht teilen dürfen? Er stellte die Hypothese auf, daß die RNS als Substrat eines Lern- und Wiedererinnerungsmechanismus dienen könnte. Die Beobachtungen von HYDÉN über eine RNS-Erhöhung in aktivierten Neuronen schien in der Tat einen gewissen Hinweis auf die Möglichkeit einer solchen makromolekularen Codierung einer Gedächtnisspur zu geben. Dies würde weiterhin eine identische Wiederherstellung des Gedächtnisbildes ermöglichen.
Da, wie wir im Vorangegangenen sahen, die Synthese eines Proteinmoleküls in Beziehung zu der Information steht, die in der RNS gespeichert ist, wurde angenommen, daß die Gedächtnisinformation in der zellulären RNS gespeichert ist, von der eine bestimmte molekulare Nachricht ausgeht, wenn sie entsprechend stimuliert wird. Die Untersuchungen zeigten, daß der RNS-Gehalt der Neuronen während der Stimulation steigt, es erhöhen sich ebenfalls der Gehalt an Proteinen und die Atmungsenzymaktivität. Um die Frage weiterhin zu überprüfen, ob diese Produktion von RNS und Proteinen einem neurologischen Prozeß dient, wurde das Vestibularorgan von Kaninchen jeden Tag 25 Minuten [305] lang belastet, indem man die Tiere auf ein Karussell setzte. Schon nach dieser noch relativ milden Stimulierung konnten quantitative Unterschiede festgestellt werden.
Die mikrophoretische Analyse zeigte eine veränderte Basenzusammensetzung bei der gebildeten RNS. Die Versuche von HYDÉN (**60**) ergaben, daß der Lernvorgang bei den Versuchstieren mit einer charakteristischen Veränderung des Basenverhältnisses der neuronalen Zellkern-RNS verbunden ist. Um zu diesen Ergebnissen zu gelangen, mußte eine experimentelle Technik entwickelt werden, die es gestattet, wenige millionstel Gramm der Substanz zu analysieren. Sie scheint ein vielversprechender Weg zur Lösung dieses noch umstrittenen, aber nichtsdestoweniger fundamentalen Problems zu sein.

Eine Reihe von Hypothesen und Spekulationen konzentriert sich auf die Möglichkeit, daß bei der Informationsspeicherung im Nervensystem eine Synthese von Makromolekülen stattfindet: Ribonukleinsäure und Proteine. Verschiedene Versuchsergebnisse der letzten Jahre konnten in dieser Richtung interpretiert werden. Sie führten zu Denkansätzen, die in der Vergangenheit, aber auch noch in neueren Überlegungen und experimentellen Untersuchungen zu dieser Problematik immer wieder eine Rolle gespielt haben, bei denen eine direkte Codierung von Umweltinformationen in den Makromolekülen der Nervenzellen angenommen wurde. Solche Überlegungen führten dann zu Begriffen wie „Gedächtnismolekül“ oder „lernspezifische Substanz“.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wie heute immer deutlicher wird, liegt hier wahrscheinlich eine einseitige Betrachtungsweise und vorschnelle Identifizierung der Informationsverarbeitungs- und Speicherungsprozesse auf den verschiedenen Ebenen der biologischen Organisation vor.

[306] Als Argument dafür, daß eine molekulare Codierung unumgänglich sei, schrieb DE NÓ: „Wenn im Gedächtnisprozeß die Neuronen als physiologische Einheiten wirksam sein sollten, müßte die Grundlage des Gedächtnisses eine permanente Impulszirkulation in geschlossenen Neuronenketten sein. Eine solche Annahme ist nicht zulässig."
„In der Tat", fährt er fort, „kann eine permanente Zirkulation von Impulsen in Neuronenketten nicht die Grundlage des Gedächtnisses sein. Abgesehen von der verschwenderischen Natur eines solchen Speichermechanismus kann die Annahme zirkulierender Impulse nicht die Schwierigkeit überwinden, zu erklären, wie das Gedächtnis nach schweren Schocks und tiefer Anästhesie, d. h. nachdem die Zirkulation der Impulse in einer großen Zahl von kortikalen Neuronenketten gestoppt worden war, noch bestehen kann." (**100**, S. 89.)
DE NÓ berichtet über Versuche von MAURO und ROSNER, die zeigten, daß das Gedächtnis trotz lang anhaltender vollständiger Unterbrechung der kortikalen Aktivität bestehen bleibt.
DE NÓ kommt zu dem Schluß, daß die Information im Gehirn in der Form struktureller Modifikationen organischer Makromoleküle gespeichert wird.
Die Erkenntnisse von HYDÉN über die Veränderung der Ribonukleinsäure und ihrer Zusammensetzung (das Muster ihrer Bausteine) in den Gehirnzellen von Ratten legte die Hypothese nahe, daß hier die „Boten-RNS" durch Training aktiviert wird. J. W. ZEMP, J. E. WILSON u. a. konnten zeigen, daß Training die RNS-Synthese bei Mäusen und Goldfischen steigert. Man fand, daß bei trainierten Tieren viel mehr markiertes Uridin in die RNS eingebaut wurde als bei untrainierten. Diese Unterschiede verschwanden nach einer gewissen Zeit. Dies legte die Annahme nahe, daß während der frühen Stadien der Konsolidierung der Informationsspeicherung eine gesteigerte RNS-Synthese stattgefunden hat.
Untersuchungen über die Hemmung der RNS-Synthese durch Aktinomyzin D haben gezeigt, daß Lernen und Gedächtnis trotz einer nahezu vollständigen Hemmung der RNS-Synthese nicht beeinträchtigt werden. Wichtig ist auch die Untersuchung derjenigen Pharmaka, die in die Proteinsynthese eingreifen. AGRANOFF (**2c**) konnte zeigen, daß bei Goldfischen Puromyzin und Acetoxycycloheximidin, wenn sie vor dem Training gegeben werden, die Informationsspeicherung nicht beeinflussen, soweit sie auf Prozessen beruht, die dem Kurzzeit-Gedächtnis zugrunde liegen würden, daß sie aber die Konsolidierung betreffen. Dies ist jedoch abhängig von der Dosis und von der Zeit. Untersuchungen an Mäusen (von BAVONDES, FLEXNER u. a.) zeigen, daß Stoffe, die die Proteinsynthese vermindern, auch das Gedächtnis schwächen.
Man versuchte festzustellen, ob das Langzeit-Gedächtnis eine chemische Basis hat, indem man untrainierten Tieren Hirnextrakte von trainierten Tieren injiziert. Die Hoffnung, auf diese Weise „Gedächtnis-Moleküle" zu finden, führte gerade in jüngster Zeit zu einer Vielzahl von Experimenten. Zum Nachweis eines solchen sogenannten Gedächtnis-Transfer nutzt man Verhaltensteste und chemische Untersuchungen (FLEXNER, R. B., L. B. FLEXNER, R. B. ROBERTS (**35e**) und E. R. JOHN (**63d**). Bewußt modifiziert wird diese Versuchsanordnung in der molekularbiologischen Forschung angewendet, um phänotypische Transformationen hervorzurufen. Auf der Grundlage injizierter RNS-Fraktionen bildet die Zelle Eiweiße, die sie in diesem Stadium der Entwicklung normalerweise nicht bildet. Dies sind interessante Tests, um auf zellulärer Ebene eine heterologe Translation (nicht zellspezifischer m-RNS) durchzuführen, der Molekularbiologe spricht aber nicht von „Gedächtnisstoff".
In der Tat hat keines der genannten Experimente, so aufregend sie auch sein mögen, zu der Erkenntnis geführt, wie es zu einer Informationsspeicherung auf molekularem Niveau kommt, die Grundlage für das Langzeit-Gedächtnis sein könnte.

[307] MATTHIES betont: „Es wird übersehen dabei, daß die komplexen Systeme in den höheren Ebenen der biologischen Organisation ihre eigenen Funktionsprinzipien, Gesetzmäßigkeiten und Strukturen besitzen und sich der untergeordneten Systeme und ihrer Mechanismen nur mittelbar bedienen" (**105b**). Wie deutlich wird, helfen die Berücksichtigung phylogenetischer Aspekte und Gesichtspunkte der Informatik sowie dialektisches Denken, das auf die Berücksichtigung der spezifischen Gesetzmäßigkeiten der jeweiligen Organisationsstufe der Materie orientiert, solche einseitigen Betrachtungsweisen zu überwinden.

Natürlich realisiert sich auch die neue Qualität der Informationsverarbeitung im vielzelligen Organismus auf der Grundlage von Wechselwirkungen von Zellen und ihren Beziehungen zur Umwelt. Deshalb verlieren die Funktionsprinzipien der molekularen und zellulären Ebene auch in diesem Zusammenhang nicht an Bedeutung, sondern sind in diese neue Qualität mit eingeschlossen und entwickeln sich in diesem Rahmen weiter.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die einseitige Interpretation wurde auch deshalb stark diskutiert, weil die Annahme der direkten Codierung von Umweltinformationen in den Makromolekülen sofort eine Vielzahl weiterer Probleme aufwirft. Die Frage ist, genügt die strukturelle Modifikation der Eiweiße oder muß auch das Nukleinsäuresystem, insbesondere die RNS, mit einbezogen werden. Da das Protein nicht die Fähigkeit der Invarianz besitzt, sich nicht reproduzieren kann, wird es früher oder später zerstört werden, man müßte dann also eine Rückinformation vom Protein auf die Nukleinsäuren annehmen.

Die Konstanz einer Funktion wird durch die Konstanz der Proteine bedingt, deren Konstanz wiederum durch die der RNS und die Konstanz letzterer durch die der DNS.

DNS → RNS → Protein → Funktion.
Veränderte Proteine (P) fuhren zu einer veränderten Funktion (F):
$P_1 \neq P \rightarrow F_1 \neq F$

Die Überlegungen über die Erhaltung der Information gründen sich auf die von uns als mechanizistisch charakterisierte Vorstellung einer engen Korrelation zwischen Erhaltung der Information und mechanischer Stabilität des Speichermaterials. Die Beobachtung, daß bei vielen Prozessen, bei denen eine Anpassung an äußere Faktoren Zellfunktionen verändern und diese Veränderungen Nachwirkungen zeigen, die weit über die Lebensdauer eines Eiweiß hinausgehen, scheint dann nur durch die Annahme erklärbar, daß nicht nur die Proteine verändert werden, um eine neue Funktion zu ermöglichen: $P \rightarrow P_1$, sondern daß auch eine veränderte RNS entsteht: $RNS_1 \neq RNS$ (vgl. SEGAL, **156a**).

Die Vorstellung, daß Umwelteinflüsse auf dem Wege über Veränderungen von Eiweißen genetische Informationen schaffen könnten, würde zwei Mechanismen voraussetzen, für die es nicht einen einzigen wirklichen Anhaltspunkt gibt: (1.) ein beliebiger Umweltfaktor müßte die Aminosäure-[308]sequenz eines Eiweißes in sinnvoller Weise ändern und (2.), es müßte ein System existieren, das genau den umgekehrten Fluß der nun veränderten Information zur Nukleotidsequenz ermöglicht.

Entsprechend den Aussagen des zentralen Dogmas der Molekularbiologie verläuft der Informationsfluß jedoch nur von den Nukleinsäuren zum Protein und nicht umgekehrt. Der Mechanismus der Translation ist streng irreversibel. Es ist eine Einbahnstraße und entgegen anderen Auffassungen im Zusammenhang mit den hier diskutierten Phänomenen gibt es, wie gesagt, auch keine Anzeichen für eine zweite Einbahnstraße in umgekehrter Richtung.

Im Falle des neuralen Gedächtnisses ist daher anzunehmen, daß die Informationen eben nicht auf molekularem Niveau gespeichert werden, es keine Möglichkeit der Codierung komplexer Gedächtnisinformationen in Makromolekülen gibt. Gegen die Annahme, daß im Zentralnervensystem alle Arten von Erfahrungen aus der Umwelt als Nukleinsäure-Proteinspezifität gespeichert würden, spricht auch die Geschwindigkeit menschlicher Aufnahme-, Erinnerungs- und Speicherprozesse. Wesentlich wird hier die sich aus dem Lernvorgang, aus den sich auf der Grundlage der intrazellulären Regulation gebildeten bevorzugten Verknüpfung der Nervenzellen, ergebende Spezifität der Erregungsmuster von Nervennetzen.

Die im vorangegangenen Kapitel besprochene Zellregulation ist begrenzt auf die Induktion oder Repression angeborener genetischer Potenzen. Die Anpassungsmöglichkeit der Organismen wird beträchtlich erhöht, wenn sie in der Lage sind, auch Erfahrungen ihrer individuellen Auseinandersetzung mit der Umwelt zu speichern, im „Gedächtnis“ zu bewahren. Eine wesentliche Hilfe zur Klärung dieser Angelegenheit könnte die Molekularbiologie leisten, wenn es ihr gelingt, im Experiment, zeitlich stabile (aber nicht genetisch vererbbare) Genexpressionen zu erzeugen (zu stimulieren oder abzuschalten). Hierbei handelt es sich um eine noch ungeklärte Schlüsselfrage der modernen Differenzierungsforschung (vgl. S. 364), die auch für das Verständnis der Funktion der Nervenzelle wichtig werden kann.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die hier diskutierten Arbeiten von HYDÉN, SCHMIDT u. a. zum Problem der Informationsspeicherung im Zentralnervensystem geben keinen sicheren Hinweis auf einen Mechanismus der Rückinformation auf die Nukleinsäuren. Sie reichen auch nicht aus, um die Frage endgültig zu beantworten, ob Lebewesen die Gedächtnisinformation auf molekularem Niveau speichern und damit die Schaltungen und Reaktionsweisen der Neuronennetze nur zur Leitung und Verarbeitung von Informationen nutzen oder ob sie die Verknüpfungen dieser Netzwerke selbst zur Speicherung der Information und damit das molekulare Bauprogramm nur zu Bildung mehr oder weniger spezifischer Schaltelemente verwenden. Heute wird letzteres angenommen. Auf der molekularen Ebene wird uns wahrscheinlich die experimentelle Untersuchung der Selbstorganisation im Verlaufe der Phylo- und Ontogenese eine Erweiterung unserer heutigen Kenntnisse auf diesem Gebiet bringen können.

[309] Es genügt dann nicht, sich damit zufrieden zu geben, daß alles durch die Gene determiniert wird. Das ist der entscheidende Schluß, zu dem uns die Überlegungen anhand neuerer Ergebnisse der Immunbiologie und der Gedächtnisforschung führen. Es ist auch der Grundgedanke der Arbeiten von ASHBY, den er aus kybernetischer Sicht gewonnen hat.

Die Organismen verfügen einerseits über angeborene Regulationsmechanismen, die erstens in ihren Grundzügen durch die Gene und zweitens im Detail durch die Umwelt kontrolliert werden. Diese Tatsache deutlich werden zu lassen, ist eines der Hauptanliegen der Arbeiten von ASHBY. Er charakterisiert einen Lernmechanismus der Lebewesen wie folgt: „Seine Eigenheit ist, daß die Genstruktur einen Teil ihrer Kontrolle über den Organismus der Umwelt überträgt. So spezifiziert sie nicht im Detail, wie ein Kätzchen eine Maus fangen soll, sondern liefert einen Lernmechanismus und eine gute Tendenz zum Spielen, so daß es die Maus ist, die das Kätzchen die Feinheiten darüber lehrt, wie man Mäuse fängt.“ (**4**, S. 234.)
Das ist die Regulation der Anpassung durch die indirekte Methode. Solche „Gedächtnismechanismen“ treten, wie wir sagen, jedoch nicht nur bei höheren Tieren auf. Auch WIENER spricht davon, daß ontogenetisches Lernen bis zu den niedersten Organismen reicht, der Grad jedoch „variiert in weiten Grenzen“. „Beim Menschen, und im geringeren Maße bei den anderen Säugetieren, haben sich ontogenetisches Lernen und individuelle Anpassungsfähigkeit am weitesten entwickelt.“ (**185**, S. 242.)

Aber es sind Prozesse, die nicht in Widerspruch stehen zu den Aussagen des zentralen Dogmas der Molekularbiologie. Gehen wir davon aus, daß der genetische Mechanismus in den Gehirnzellen genauso funktioniert wie in den anderen Zellen des lebenden Organismus und folgen wir den bisher dargelegten Prinzipien, dann kommt man zu dem Schluß, daß eine durch ein Individuum gewonnene Erfahrung, eine komplexe Umweltinformation, wahrscheinlich weder direkt in den Molekülen noch unmittelbar nur in den räumlichen und zeitlichen Erregungsmustern der Milliarden Gehirnzellen gespeichert ist, sondern daß sie wahrscheinlich dem System von Hemmungen und Enthemmungen, der intrazellulären (synaptosomalen und nuklearen) Regulation der räumlichen und zeitlichen Verknüpfungen der Nervenzellen entspricht.

Die Argumentation zur Begründung der Wahrscheinlichkeit einer Rückinformation auf die RNS war im wesentlichen, wenn auch nicht allein, auf die empirische Tatsache des dynamischen Zustandes der Eiweißkörper und der relativen Stabilität der Nukleinsäuren (daß ausschließlich ihnen die Invarianz- bzw. Gedächtniseigenschaften zukommen) gegründet und auf die Voraussetzung, daß eine enge Korrelation zwischen der mechanischen und chemischen Stabilität des Speichermaterials und der Erhaltung der Information über längere Zeit besteht. Wie steht es aber mit der Stabilität der RNS? In Viren, Bakterien, stoffwechselaktiven Zellen höherer Organismen hat die m-RNS auch nur eine geringe Lebensdauer, denn, wäre sie stabil, würde eben immer wieder dasselbe Protein gebildet. Für den besprochenen Erinnerungsmechanismus ist dies wichtig, für den folgerichtigen Ablauf der Lebens- und Entwicklungsprozesse muß jedoch das Enzymprofil einer Zelle zu verschiede-[310]nen Zeiten unterschiedlich sein können. Das wäre beim Vorhandensein nur stabiler RNS nicht gewährleistet.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die hier angeführte Argumentation bezieht sich jedoch auf die in verschiedenen Geweben höherer Organismen vorkommende langlebige, d. h. relativ stabile m-RNS. Diese hat die Aufgabe, in relativ spezialisierten Zellen (wie eben den Neuronen) ein relativ einheitliches Enzymspektrum aufrechtzuerhalten. Ist aber ihre Stabilität absolut? Unserer These folgend, daß biologische Gesetzmäßigkeiten tiefer, weiter und damit zugleich konkreter sind als Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Automatisierungstechnik in Anwendung auf das Lebensgeschehen, muß erwartet werden, daß auch das am Denken des Automatisierungstechnikers orientierte Prinzip der engen Korrelation zwischen Stabilität des Speichermaterials und Erhaltung der Nutzinformation über längere Zeit modifiziert und vertieft wird. Ja, man kann vielleicht erwarten, gerade hier auf grundsätzlich andere Prinzipien zu stoßen. Es hat den Anschein, als sei der lebende Organismus oft geradezu bemüht, mechanisch und chemisch stabile Strukturen zur Speicherung der Information zu meiden. Das Leben verfügt sicher noch über andere Möglichkeiten zur Erhaltung der Information (vgl. Teil 1, S. 53); auch und gerade im Gehirn gilt sehr wahrscheinlich das Prinzip der Höchstveränderlichkeit, die in sich stabil ist.

Wir sehen, daß diese Argumentation zugunsten einer Rückinformation auf mechanischen Voraussetzungen beruht. Es ist daher m. E. von vornherein falsch, das Problem der Dialektik des Lebensgeschehens ausgerechnet von der Richtigkeit oder Falschheit einer Hypothese abhängig machen zu wollen, die sich schon in den Voraussetzungen am Denken der Automatisierungstechnik und nicht an der Dynamik des Lebensgeschehens orientiert.

Durch die Zusammenlagerung von einzelligen Organismen entstehen in der weiteren Entwicklung komplizierte, vielzellige Systeme. Es ergeben sich damit Möglichkeiten der Arbeitsteilung und Spezialisierung und durch die interzelluläre Wechselwirkung eine neue Form der Umweltbeziehung der einzelnen Zelle. Mit dem qualitativen Sprung vom Einzeller zum Vielzeller ergibt sich auch eine neue Qualität der Informationsaufnahme und -speicherung.

„Die Widerspiegelung der Umwelt im systemeigenen inneren Modell erfolgt nun nicht mehr nur in der räumlichen und zeitlichen Ordnung von Molekülen und ihren verschiedenen Zustandsformen, sondern auch in zunehmendem Maße *in der räumlichen und zeitlichen Ordnung von Zellen und ihren funktionellen Zuständen*“ (MATTHIES, **105b**).

Dieses neue Prinzip der Informationsverarbeitung und Speicherung vergrößert die Anpassungsfähigkeit des lebenden Systems. Es kann komplexere (semantische) Informationen aufnehmen und verarbeiten.

Bei der Aufklärung der materiellen Grundlagen der Lern- und Gedächtnisvorgänge wird man, nach dem Gesagten, wahrscheinlich nicht wie in der Immunologie nach spezifischen Molekülen suchen, sondern man hat die Frage zu stellen nach den Mechanismen, die die intrazelluläre Organisation [311] der Nervenzelle, die Veränderungen in ihren räumlichen und zeitlichen Beziehungen auf Grund vorausgegangener funktioneller Aktivierung steuern.

Nimmt man an, daß die räumliche und zeitliche Ordnung der Zellen und ihre funktionellen Zustände die spezifische Grundlage für die Speicherung und Verarbeitung komplexer Informationen aus der Umwelt darstellen, dann wird für die Aufklärung der Lernvorgänge das Verständnis jener Regulationsmechanismen von besonderer Bedeutung sein, die variable neuronale Verknüpfungen ermöglichen.

Es wird nach den intraneuralen Regelvorgängen zu suchen sein, die auf Grund vorausgegangener synaptischer Aktivität zu einer mehr oder weniger dauerhaften Änderung der Funktionscharakteristik dieser Synapsen, zu ihrer Schwellenwertveränderung und damit zur Gewichtsveränderung der Eingangsfunktionen der zugehörigen Neuronen führen. HEBB hat dies, zunächst mit dem Blick auf morphologische Veränderungen, bereits 1949 formuliert.

Es wird jetzt angenommen, daß sich das Langzeit-Gedächtnis bildet, die Konsolidierung abgeschlossen wird durch stoffliche Veränderungen an den beteiligten Synapsen, welche die

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Grundlage für Änderungen ihrer funktionellen Eigenschaften und damit für die bevorzugte Verknüpfung darstellen. Das Problem der Erhaltung der Nutzinformation über längere Zeit wird dann auch nicht im mechanischen Prinzip der Geringstveränderlichkeit gesehen, sondern könnte auf ein dynamisches, sich selbsterhaltendes System der intrazellulären Regulation zurückgeführt werden. Ein solches sich selbsterhaltendes System als Grundlage für die dauerhafte Verknüpfung synaptischer Verbindungen wurde von verschiedenen Forschern postuliert (MATTHIES, JOHN). Auch das Erlöschen einer erworbenen Verhaltensweise – das Vergessen – ist dann kein einfacher, einheitlicher Vorgang in einem isolierten Teilsystem, sondern ist offensichtlich, wie die Konsolidierung, ein komplexer Prozeß.

Das philosophisch und auch ethisch besonders Wichtige an dieser Forschung liegt in der Tatsache, daß eine gezielte Beeinflussung der kognitiven und psychischen Leistungen, sei es bei krankhaften Störungen oder im Sinne einer Leistungssteigerung, ganz neue Perspektiven in der Medizin, in der Pädagogik und in der Psychologie eröffnet. Darüber hinaus ist die Beantwortung der Fragen von größter Bedeutung für die Erweiterung unseres Wissens über uns selbst und für die Grundfrage der Philosophie, der Frage nach dem Verhältnis von Sein und Bewußtsein.

Die Untersuchung der Vorgänge bei der Speicherung von Gedächtnisinhalten, der Fähigkeit von Tier und Mensch, Erfahrungen zu sammeln und entsprechend den gespeicherten Informationen ihr Verhalten zu verändern, gehört offensichtlich zu den interessantesten und aufregendsten Problemen der modernen Biologie. Mit dieser Problematik befinden wir uns jedoch zugleich an der Schwelle des Übergangs von der biologischen zur gesellschaftlichen Bewegungsform der Materie. [312]

### 9.3. Informations- und Synthesebeziehungen zwischen Nukleinsäuren und Proteinen

Das Wesen der Wechselbeziehungen zwischen Nukleinsäuren und Eiweißen besteht darin, daß die Nukleinsäuren den Schlüssel für die Eiweißsynthese liefern, und der Prozeß der Synthese der Eiweiße und der Nukleinsäuren durch Enzyme bewirkt wird, d. h., die Reproduktion der RNS und der DNS erfolgt durch Enzyme, die eben von diesen Strukturen hervorgebracht wurden. Eiweiße sind als Enzyme an der DNS- und RNS-Synthese beteiligt. Bisher konnte jedoch nicht nachgewiesen werden, daß auf diesem Wege eine gerichtete Änderung der Information in der DNS hervorgerufen wird. Nach Arbeiten von COMMONER sollte diese Annahme jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Es soll hier kurz auf seine Gedanken eingegangen werden.

Bei der bisherigen Besprechung der Wechselbeziehungen zwischen Eiweißsynthese und Nukleinsäuren gingen wir davon aus, daß die Nukleinsäuren den Code liefern, d. h., daß sie die einzige Quelle der Information sind, während die Syntheseprozesse, sowohl die der Eiweiße als auch die der Nukleinsäuren, durch Enzyme bewirkt werden, die selbst aber nicht zur Spezifizierung der Nukleinsäuren beitragen. Nun ist doch wiederholt die Vermutung ausgesprochen worden, daß möglicherweise die DNS nicht die einzige Quelle der Information bzw. der Spezifität bei der Replikation und auch bei der Proteinsynthese ist, sondern daß die die Synthese der Nukleinsäuren und der Eiweiße bewirkenden Enzyme auch zur Spezifität der Syntheseprodukte beitragen könnten.

Die Erhaltung und Übertragung der Information, wie sie hier geschildert wurde, kann heute kaum noch bezweifelt werden. Die Frage, die jedoch gestellt wird, ist: Sind die hier hervorgehobenen molekularen Prozesse die einzigen, die zu betrachten sind? *Ist dies notwendigerweise der einzige Mechanismus, der die chemische Spezifität der lebenden Zelle determiniert*?

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Es wurde immer wieder darauf hingewiesen, daß zwar die Eiweiße als Enzyme an der DNS- und RNS-Synthese beteiligt sind, bisher aber kein Beweis vorliegt, daß auf diesem Wege eine Änderung der Information in der DNS hervorgerufen werden könnte, d. h., daß sie einen Beitrag zur Spezifität leisten könnten. Man kann aber auch umgekehrt fragen. Die Aussage, daß die DNS die einzige Quelle für die Spezifität der DNS- und RNS-Synthese ist, verlangt den Nachweis, daß keine anderen Komponenten spezifizierend an der Synthese teilnehmen. Diese Möglichkeit konnte bis heute ebenfalls noch nicht ausgeschlossen werden.

Folgende drei Komponenten nehmen an der DNS-Synthese teil:

1. die Desoxynukleotide aller vier Basen, die in der DNS vorkommen
2. das für die Synthese notwendige Enzym, die Polymerase[1];[313]
3. es bedarf der Gegenwart eines Keimes – einer DNS-Matrize und $Mg^{2+}$.

Die Untersuchungen des DNS-Polymerase-Systems durch KORNBERG (**88a**) brachten die Erkenntnis, daß die Synthese weitgehend durch den Keim und die Matrize gesteuert wird. Das Verhältnis der Basen zueinander entspricht völlig der Anordnung im Desoxyribonukleinsäuretemplate. Das zeigt, daß die Spezifität vom Template ausgeht. Es bewirkt als Matrize eine getreue Nachbildung seiner selbst. Nach Experimenten von SCHACHMANN u. a. (**142**) sowie SCHWARTZ, TRAUTNER und KORNBERG (**148**) erhebt sich die Frage, ob die Nukleotidsequenz des Templates wirklich die gesamte Kontrolle über die Sequenz des Produktes hat.

KORNBERG u. a. konnten experimentell zeigen, daß bei Abwesenheit des Keims die DNS-Polymerase in der Lage ist, bestimmte intermolekulare Bindungen zu katalysieren. Nach einer gewissen Zeit entsteht ein Nukleotid mit einer nicht zufälligen, regelmäßig alternierenden Ordnung. Diese Ergebnisse führen zu der Vermutung, daß möglicherweise auch das Enzym zur Spezifität des Produktes beiträgt. Ein sicherer (direkter) Beweis für eine solche Behauptung existiert jedoch noch nicht. Er würde eine noch tiefere Kenntnis der DNS-Nukleotidsequenz voraussetzen.

Betrachten wir nun die Eiweißsynthese. Im Vorangegangenen wurden die verschiedenen Stufen schon im einzelnen besprochen: Die Aktivierung der Aminosäuren und ihre Veresterung mit der t-RNS, die Anlagerung an die Ribosomen und zum Abschluß die Freisetzung des neugebildeten Proteins. Die Konstituenten dieses Synthesesystems bilden also:

1. anscheinend für jede der 20 Aminosäuren ein eigenes aktivierendes Enzym,
2. die aminosäurespezifische t-RNS, die durch eine bestimmte Basensequenz gekennzeichnet ist,
3. die Ribosomen,
4. ATP, denn die Eiweißsynthese und wahrscheinlich auch die Freisetzung der gebildeten Eiweiße, sind energieverbrauchende Reaktionen,
5. die an der Proteinsynthese beteiligten Enzyme,
6. die m-RNS.

Nach der vorgetragenen Theorie ist die Spezifität der Eiweißkörper streng determiniert durch die Spezifität der m-RNS, die sie selbst erst durch die Nukleotidsequenz der DNS erhält. Diese Annahme setzt also voraus, daß von allen Komponenten, die an der Verknüpfung der Aminosäuren zu einem spezifischen Protein teilnehmen, allein die m-RNS als Quelle für die Proteinspezifität (d. h. Aminosäuresequenz) dient. Die bisherige Theorie müßte in dem Falle modifiziert werden, wenn der Nachweis gelingen würde, daß auch irgendeine der anderen Komponenten des Synthese-Systems als Quelle von Spezifität in Frage kommen würde.

[1] Inzwischen sind z. B. bei dem Phagen T 4 noch vier weitere Proteine aufgefunden worden, deren Aktivität Voraussetzung für eine normale DNS-Synthese sind.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Schlußfolgerung, daß die Aminosäuresequenz streng durch die Basensequenz eines DNS-Abschnittes bestimmt ist, stützt sich vor allem auf die [315] Beobachtung, daß einzelne Genmutationen einzelne Veränderungen in der Aminosäuresequenz eines Proteins hervorrufen.

1949 entdeckten PAULING und Mitarbeiter (**119a**) bei Patienten mit Sichelzellenanämie ein aberrantes Hämoglobin. *Dieses abnorme Hämoglobin bietet den ersten klaren Fall zur Beobachtung der Tatsache, daß sich eine Mutation in einem Gen in der chemischen Struktur eines Proteins widerspiegelt.*
INGRAM (**61**) konnte zeigen, daß die beiden Hämoglobine sich nur in einer Aminosäure unterscheiden, die Glutaminsäure ist ersetzt durch Lysin. Dies erklärt auch die von PAULING beobachteten Ladungsdifferenzen. Dadurch, daß der Platz von Lysin eingenommen wurde, ist eine negativ geladene Seitengruppe durch eine positive Gruppe in jedem Halbmolekül ersetzt und damit die Gesamtladung des Proteins um vier Einheiten verringert worden. Die Substitution der Glutaminsäure durch Lysin wirkt sich nicht nur in der veränderten Ladung aus, sondern auch in seiner biologischen Aktivität beim Sauerstofftransport.
LIEBSCHER et al. (Acta Biol. Med. Germ.) konnten jetzt durch Punktmutation ein kälteempfindliches Lysozym gewinnen, dessen sämtliche veränderten Eigenschaften auf den Austausch von Tyrosin gegen Histidin in der Primärstruktur des Enzymmoleküls zurückgehen (persönl. Mitteilung).

Dies führte zu der Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese und damit zu dem Gedanken einer isomorphen Zuordnung von Gensystem und Enzymsystem. Die Tatsachen beweisen, daß die DNS in der Tat eine präzise regulatorische Wirkung auf die Aminosäuresequenz hat. Es wird aber nichts darüber gesagt, ob nicht auch noch andere Quellen einen Einfluß auf die Determination der Proteinspezifität haben (vgl. COMMONER, **23**).

COMMONER u. a. führen eine Reihe Argumente und experimenteller Ergebnisse an, die darauf hindeuten, daß die Spezifität nicht nur von der DNS, vermittelt über die RNS, sondern auch von der Spezifität der Aminoazyl-RNS-Synthese abhängig ist (vgl. Abb. 29).

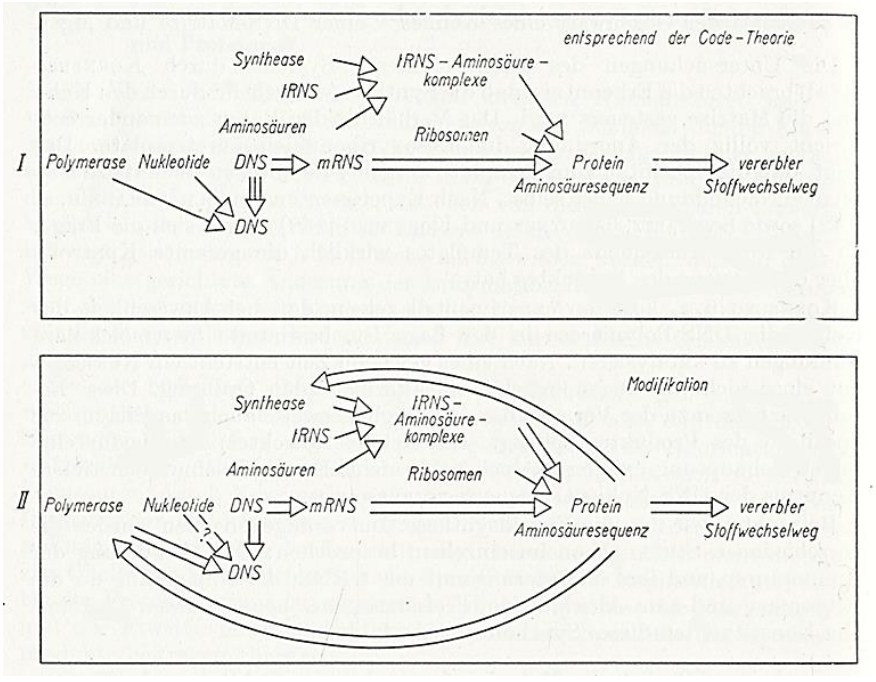



Abb. 29. Die Übertragung der DNS-Spezifität (nach COMMONER, **23**, S. 488). [Abb. 29, S. 314 des Buches]

I. Übertragung biochemischer Spezifität in einem System, wie es von der DNS-Code-Theorie angenommen wird. Hier wird davon ausgegangen, daß die biochemische Spezifität der DNS (ihre Nukleotidsequenz) die einzige Quelle der Spezifität einmal für die Replikation der DNS und zum anderen auch für die Proteinsynthese ist. Letzteres determiniert wiederum einen speziellen ererbten Stoffwechselweg. Die Konzeption geht davon aus, daß die DNS eine germinale, sich selbst reduplizierende Komponente ist und die einzige Quelle des an die Zelle vererbten biochemischen Musters.

II. Von COMMONER später vorgetragene Konzeption einer Modifikation des unter I. gezeigten Systems. Die Konzeption basiert auf der Vermutung, daß ein Teil der biochemischen Spezifität der DNS, wenn auch möglicherweise ein sehr geringer Teil, ihren Ursprung in dem Polymerase-Enzym hat, welches die DNS-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

> Synthese katalysiert. Möglicherweise soll auch die relative Verfügbarkeit der notwendigen Nukleotide eine Rolle spielen. Schema II illustriert ebenfalls die Vermutung, daß ein für die Proteinsynthese essentielles Enzym, die Amino-Azyl-RNS-Synthetase, möglicherweise einen, wenn auch vielleicht nur geringen Beitrag zur Spezifität leisten könnte. Bei dieser Konzeption von COMMONER wird davon ausgegangen, daß die DNS weder eine germinale, selbstreproduzierende Komponente, noch daß sie die ausschließliche Determinante der biochemischen Spezifität der Zelle ist, sondern – das ist die entscheidende Schlußfolgerung COMMONERS –, daß diese Effekte einen multimolekularen Ursprung hätten. Das bedeutet, daß das ganze System mehrerer Quellen präexistierender Spezifi-[315]tät bedarf, einmal der DNS und zum anderen wenigstens zweier Enzymproteine. Während des Wachstums werden alle Bestandteile der Zelle durch miteinander auf das engste verknüpfte Prozesse reproduziert. Besonders die Biosynthese der Nukleinsäuren zeigt auf das deutlichste, daß Vererbung gesehen werden muß in der Dynamik der gesamten Zelle, in der Eiweiße und Nukleinsäuren in engster Wechselwirkung stehen.

Die Spezifität eines Proteins (die Aminosäuresequenz) wäre nach COMMONER möglicherweise nicht allein durch die Basensequenz eines DNS-Abschnittes, vermittelt über die m-RNS, determiniert, sondern auch durch die Artspezifität der Synthetase. COMMONER fügt hinzu, daß möglicherweise auch die Spezifität der „transfer"-RNS und der Ribosomen einen Einfluß haben könnte. So fanden FRIEDMANN und WEINSTEIN [heraus], daß bei Zugabe von Spermin, Spermidin oder Dihydrostreptomycin Polyuridsäure auch die Inkorporation von Isoleucin, Serin, Valin und Tyrosin in die Polypeptide bewirkt. Das weist darauf hin, daß die Coding-Eigenschaften nicht nur durch die Nukleotidsequenz der Tripletts in der m-RNS determiniert werden, sondern daß sie [316] evtl. auch durch die Struktur der Ribosomen oder ähnlicher Faktoren beeinflußt werden können.

Auf der Grundlage solcher Ergebnisse wird die Hypothese vertreten, daß das System der Informationsbeziehungen, sowohl der Eiweiße als auch der Nukleinsäuren, grundsätzlich zyklischer Natur ist. COMMONER (**23a**) hebt hervor, die Annahme, die DNS sei allein die vollständige Quelle der Information, die in die Struktur der Eiweißkörper oder in die Struktur der neugebildeten DNS eingeht, sei nur dann berechtigt, „wenn das spezifitätsübertragende System monophyletisch ist und sich linear ohne Verzweigungen und Rückkopplungen von der DNS zum Protein vollzieht". Sein entscheidender Schluß ist, daß die in der Nukleotidsequenz und in der Aminosäuresequenz verkörperte Spezifität einen multimolekularen Ursprung in einem System hat, das durch zyklische Rückkopplungszusammenhänge charakterisiert ist.

Die Rückkopplungen im zentralen Dogma der Molekularbiologie sind inzwischen bewiesen. Jedoch führen sie nur zu Modifikationen, die allerdings ganz erheblicher Natur sein können (Mutationsratenbeeinflussung, Reparatur von DNS-Schäden, Genamplifikation, Replikations-, Transkriptions- und Translationskontrolle, Suppression von Punktmutationen bei der Translation usw.).

Eine Entstehung von Information durch die Umkehrung einer Aminosäuresequenz eines Proteins in die Nukleotidsequenz einer Nukleinsäure ist unbekannt!

Die in diesem Abschnitt geführte Diskussion zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es den verschiedenen Forschern insbesondere um die Frage geht, welche Bedeutung Information und Stoffwechsel für das Verständnis des Lebenden haben, in welchem Verhältnis sie zueinander stehen. Ist die Invarianz das zentrale Problem der Biologie oder ist es nicht vielmehr das der Information *und* des Stoffwechsels?

Wissenschaftshistorisch gesehen können verschiedene Standpunkte unterschieden werden:

1. Die DNS und der Aspekt der Information sind noch nicht bekannt. Es wird daher nur der Stoffwechsel untersucht. Ein Vertreter dieser Forschungsrichtung ist z. B. OTTO WARBURG.

2. Kenntnis der Information und des Stoffwechsels, jedoch erfolgten weiterhin eine Überbetonung der Rolle des Stoffwechsels und eine ungenügende Beachtung der Bedeutung der In-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

formation. Ein Vertreter dieser Auffassung war z. B. HINSHELWOOD, der das Auftreten von Antibiotikaresistenz in einer Bakterienpopulation in Gegenwart eines Antibiotikums dadurch zu erklären suchte, daß er von einer direkten Einflußnahme der antibiotischen Substanz auf die Bakterienzelle ausging und es für erwiesen hielt, daß das Antibiotikum die Zellen irgendwie direkt resistent macht. In Wirklichkeit sind jedoch in jeder größeren Population einige wenige resistente Zellen vorhanden, die durch spontane Mutation entstehen und durch die Gegenwart des [317] Antibiotikums plötzlich das Übergewicht erlangen. Daher erklärt z. B. H. LEY mit Recht ausdrücklich: „Wie eine gerichtete Adaptation zustande kommt, erklärt HINSHELWOODs Versuch nicht." (**97**, S. 1239.)

Einen weiteren Fehler beging HINSHELWOOD bei der Erklärung des Auftretens von Stoffwechselleistungen in Bakterienpopulationen bei Hinzufügen von Substraten des betreffenden Stoffwechselweges. Auch hier vermutete er eine Fähigkeit der Zelle, als Antwort auf den Kontakt mit einem Substrat die für seine Verstoffwechslung erforderlichen Enzyme direkt instruiert bilden zu können. Wie wir im Vorangegangenen zeigen konnten, trifft hier in Wirklichkeit jedoch das von JACOB und MONOD ausgearbeitete Modell der Abrufung genetischer Informationen zu. Da HINSHELWOOD zum Zeitpunkt der Entdeckung der Rolle der DNS arbeitete, nimmt er genauer gesagt eine Stellung zwischen der 1. und der 2. Gruppe ein.

Zur zweiten Richtung gehören auch Forscher, für die das „zentrale Dogma der Molekularbiologie" in seiner ursprünglichen Interpretation unannehmbar war, weil die Rolle des Stoffwechsels und die Funktion der Proteine in dieser ursprünglichen Auffassung vom zentralen Dogma keine Berücksichtigung fanden. Sie gingen mit Recht von der These aus, daß die Proteine und ihre Substrate auch einen Einfluß auf die Struktur und Funktion der Syntheseprodukte haben müssen. Sie sagten voraus, daß die Struktur einer zu synthetisierenden DNS von der Struktur der Polymerase beeinflußt werden wird. Dieser Gedanke ist richtig, und wir werden unter Punkt 4. darauf zurückkommen.

In dem richtigen Bemühen, die Wechselbeziehungen zwischen Eiweißen und Nukleinsäuren herauszuarbeiten, gehen sie jedoch einen entscheidenden Schritt zu weit. Nach ihrer Auffassung enthalten die Proteine Informationen ebenso wie die Nukleinsäuren, instruktive und prozessive Differenzierungen werden nicht vorgenommen. Deshalb erscheint es ihnen möglich, daß der Informationsfluß auch in umgekehrter Richtung erfolgen kann, daß also Aminosäuresequenzen direkt in Nukleotidsequenzen umcodiert werden können. Die unhaltbare Konsequenz dessen wäre, daß in die Zelle eindringende Proteinmoleküle zum genetischen Informationsbestand werden können. Das Leben wäre dadurch genauso gefährdet, wie wenn es ohne jede Information funktionieren müßte. Ununterbrochen gelangen Makromoleküle in die Zelle. Die Aufnahme ihrer strukturellen Information in das Vererbungsgeschehen wäre mit Chaos gleichbedeutend. Die spezifische Qualität Leben könnte nicht mehr aufrechterhalten werden. Die Zelle verfügt daher auch über keinen Mechanismus, der es ihr gestatten würde, ein eindringendes Eiweißmolekül auf seine Aminosäuresequenz hin abzutasten, und *es ist auch nicht damit zu rechnen, daß ein solcher Abtast- und Umcodierungsmechanismus, aus den genannten Sicherheitsgründen, in der Evolution entstanden sein könnte und einen Selektionsvorteil bedeutet haben würde*. (Eine moderne Informationsverarbeitungsanlage, in die man von außen Information einlesen kann, muß durch spezielle Sicherheitsschlüssel gegen unbefugtes Überschreiben der gespeicherten Informationen geschützt werden.) Das [318] Unvermögen eines Proteins, in diesem Sinne instruktiv zu sein, ändert nichts daran, daß es bei seiner Wechselwirkung mit Nukleinsäuren eine aktive und auch modifizierende Rolle spielt, daß es zur Hervorbringung neuer oder veränderter Informationsbestände fähig ist. Jedoch ist diese Aktivität nicht gerichtet, sondern schafft Veränderungen nur durch zufällige Mutationen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Proteine können auch die Translation aktiv beeinflussen und die Bedeutung gewisser Codons verändern oder unterdrücken. In beiden Fällen jedoch, bei der Hervorbringung von Mutationen und bei der Beeinflussung der Translation, müssen die Ergebnisse dieser Aktivität in einer gegebenen Umwelt entweder vorteilhaft oder wenigstens bedeutungslos sein, wenn sie nicht zum sofortigen Untergang der Art oder des Individuums führen sollen.

Wenngleich z. B. die von B. COMMONER vorgetragenen Überlegungen in der Frage der Proteininstruktivität über das Ziel hinausgegangen sind, gehört er doch zweifellos zu den ersten Forschern, die auf die Unzulänglichkeit eines dogmatisch aufgefaßten oder formulierten „zentralen Dogmas“ nachdrücklich aufmerksam gemacht haben.

Es sei noch hervorgehoben, daß sich RAPOPORT auf dem Symposium über philosophische Fragen der Medizin kritisch zu den hier dargestellten Überlegungen von COMMONER äußerte. Die Annahme, daß bestimmte Enzyme und deren Konformation eine wesentliche Bedeutung für die Replikation der Basensequenz und damit für die Aminosäuresequenz haben, bringt neue Schwierigkeiten, wenn man folgendes bedenkt: „Ein DNS-Molekül bedingt die Bildung von vielen, sagen wir von 100 Enzymmolekülen. Wenn man aber eine Veränderung an Enzymmolekülen, eine genetische Expression finden soll, müßten die größten der Enzymmoleküle gleichzeitig und gleichsinnig verändert werden. Das ist noch unwahrscheinlicher als die Annahme einer Änderung an *einem* DNS-Molekül. Dazu kommt, daß die DNS ja den Schlüssel für die Aminosäuresequenz und der Enzyme für DNS- und RNS-Synthese enthält. Wir kommen somit aus dem Teufelskreis nicht heraus.“[1] Es müßten, wie er hervorhob, vollkommen neue Fragestellungen und Experimente gefunden werden, um den Mechanismus der Einwirkung der Umwelt zu klären.

Als eine mögliche Denkrichtung sollten diese Auffassungen hier jedoch diskutiert werden.

Nach meiner gemeinsam mit H. A. ROSENTHAL entwickelten Auffassung besteht die Dialektik nicht in einer völligen Gleichsetzung der Rolle des Proteins und der Rolle der Nukleinsäure, sondern vielmehr in dem Widerspruch zwischen den Strukturen und Funktionen dieser verschiedenen Zellbestandteile und der Aufhebung dieses Widerspruchs im Zusammenwirken beider Molekülarten bei der Reproduktion und Evolution des Lebens.

3. Erkenntnis der Bedeutung der Information. Ihre Überbetonung führt jedoch zur Leugnung der Rolle des Stoffwechsels, bzw. er erscheint nur noch [319] als eine abgeleitete Funktion. Die DNS und die mit ihr wechselwirkenden Proteine werden noch nicht als ein einheitlicher Prozeß aufgefaßt, sondern der Information (der DNS) wird die Priorität zugesprochen.

Die Überbetonung der Rolle der genetischen Information und der Konstanz als der einzig wesentlichen Gesetzmäßigkeit (strenge Determination zellulärer Prozesse) führt, wie wir noch deutlicher zeigen werden (vgl. S. 377 f.), Vertreter dieser Richtung dazu, die Entstehung des Lebens und auch jeweils neuer Lebensqualitäten nur vom Standpunkt zufälliger DNS-Veränderungen aus zu betrachten. Tatsächlich gibt es diesen absoluten Zufall beim Hervorbringen neuer Varianten von Informationsbeständen, auf Grund der intensiven Protein-Nukleinsäure-Wechselwirkungen nicht. Darüber hinaus bewirken diese Wechselwirkungen eine Bewertung zufällig auftretender Mutationen in der Evolution. Andere Folgen einer Überbetonung der Rolle der Information sind die Annahme eines geistigen Prinzips (Information vorgegeben oder nicht chemisch, sondern anthropomorph interpretiert) und die Vorstellung, daß der Stoffwechsel nur als Realisierung einer Idee erscheint. Mit dieser Richtung und speziell mit einem ihrer bedeutenden Vertreter, J. MONOD, werden wir uns im folgenden noch auseinanderzusetzen haben.

[1] RAPOPORT, S. M.: Über molekulare Grundlagen der Organisation lebender Systeme. Referat auf dem II. Symposium über philosophische Fragen der Medizin vom 6. bis 7. November 1964 in Berlin. Unveröffentlicht.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

4. Untersuchung der vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen makromolekularen Strukturen und Prozessen innerhalb des sog. zentralen Dogmas der Molekularbiologie. Die Information erzeugt Proteine, welche die Informationen replizieren und den Informationsfluß regulieren; das eine ist ohne das andere funktions- und bedeutungslos. Daß dieser Standpunkt höchstwahrscheinlich der richtige ist, wird insbesondere aus den Überlegungen von M. EIGEN über die Selbstorganisation bei der Entstehung des Lebens deutlich (vgl. S. 391 f.).

Wir möchten aus historischen und auch sachlichen Gründen den Begriff des zentralen Dogmas der Molekularbiologie nicht aufgeben, auch wenn er sowohl in bezug auf wichtige experimentelle Ergebnisse (vgl. S. 280 f.) als auch hinsichtlich möglicher philosophischer Interpretationen heute eigentlich von seinem dogmatischen Inhalt weitgehend befreit werden kann.

Unser Motiv für das Festhalten an diesem Begriff liegt vor allem darin, daß das zentrale Dogma der Molekularbiologie eine zutreffende Grundaussage über die informationellen Beziehungen zwischen Nukleinsäuren und Proteinen enthält, es im Leben eine Ordnung gibt, die durch die Trennung von Information und Prozeß gekennzeichnet werden kann und daß diese Trennung zentrale Bedeutung für die Existenz und Aufrechterhaltung des Lebens besitzt.

Wir sehen die Dialektik nicht in der Verneinung, sondern in der Hervorhebung eines Unterschiedes zwischen Information und Prozeß. Dieser Unterschied hat sich noch vor der Entstehung des Lebens herausgebildet und ist, wie wir bereits mehrfach angeführt haben, die Grundlage des Überlebens der biologischen Systeme in einer abiogenen Umwelt. Die Aufhebung des Widerspruches kommt dadurch zustande, daß keiner der beiden wichtigen Zellbestandteile ohne den anderen existieren kann und daß Leben auch nicht [320] entsteht (vgl. S. 399). In der Evolution war die gleichzeitige Herausbildung beider Molekülarten ein unbedingtes Erfordernis. Damit ist eine mögliche dogmatische Auslegung des zentralen Dogmas – Nukleinsäuren haben Priorität – völlig widerlegt. Auch eine andere dogmatische Interpretation des zentralen Dogmas muß auf Grund der in den letzten Jahren erfolgten gewaltigen Fortschritte in den Kenntnissen über die Natur der Protein-Nukleinsäure-Wechselwirkung aufgegeben werden. Während in den ursprünglichen Vorstellungen z. B. die DNS-Polymerasen die Verknüpfung der DNS-Bausteine nur an Hand einer vorgegebenen Matrize vornehmen konnten, hat sich jetzt herausgestellt, daß die Struktur des Enzyms die Replikationstreue oder Replikationsgenauigkeit erheblich beeinflussen kann. Da nun die Polymerasestruktur ihrerseits durch Mutationen im Gen für die Polymerase beeinflußt wird, liegt hier ein direktes Rückkopplungssystem zur Regulation der Replikationsgenauigkeit vor. In der Evolution werden sich daher solche Wechselwirkungen bewähren, die eine genügende Flexibilität und zugleich genügend genaue Replikation gewährleisten. Auch für die übrigen sehr vielfältigen Eiweiß-Nukleinsäure-Wechselwirkungen, die Anfang und Ende von Replikation, Transkription und Translation sowie die Struktur und Konservierung der genetischen Information regulieren, dürften bestimmte Rückkopplungen existieren.

### 9.4. Selbstregulatorische Eigenschaften der Enzymketten – dynamisch bedingte Stabilität und Plastizität

Es wurde wiederholt darauf hingewiesen, daß wir in der lebenden Zelle zwei Formen der chemischen Spezifität zu unterscheiden haben: 1. chemische Spezifität in Form molekularer Strukturen und 2. chemische Spezifität in Form molekularer Reaktionen. Im Vorangegangenen ging es um die Frage, ob es möglich ist, bestimmte Wechselbeziehungen zwischen diesen beiden Formen der biochemischen Spezifität aufzudecken, wobei entsprechende Hypothesen diskutiert wurden.

Die eine, relativ statische Form der Spezifität findet ihren Ausdruck in der relativ stabilen Anordnung der Bausteine der verschiedenen Makromoleküle, z. B. in der Sequenz der Nukleotide im DNS-Molekül, in der exakten Anordnung der Aminosäurereste eines Eiweißes.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die andere, die Spezifität des biochemischen Prozesses, findet im Gegensatz zu der relativ statischen Spezifität der Makromoleküle ihren Ausdruck in speziellen Stoffwechselmustern, wie z. B. im Krebszyklus, im Fettsäurezyklus, in der Atmungskette u. a. Hier entstehen Strukturen sozusagen „ohne Balken“ auf der Grundlage dynamisch bedingter Stabilität. Diesen selbstregulatorischen Eigenschaften der Enzymketten und der somit dynamisch bedingten Stabilität und Plastizität des Stoffwechsels wollen wir uns jetzt eingehender zuwenden.

[321] Der Zwischenstoffwechsel (das ist eines seiner wesentlichen Merkmale) ist ein vielstufiges, dynamisches System von Fließgleichgewichten. Im lebenden Organismus als offenem System unterscheidet sich das Reaktionsgefüge grundlegend von dem gewöhnlichen chemischen Reaktionsgefüge der abgeschlossenen (geschlossenen und isolierten) Systeme. In einem geschlossenen System stellt sich nach Ablauf der Reaktion entsprechend dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ein zeitunabhängiger Gleichgewichtszustand ein mit einem Minimalwert an freier Energie des Systems und einem Maximalwert seiner Entropie. In einem offenen System wird das Gleichgewicht zwischen den Stoffen A und B durch ständige Zulieferung des Stoffes A immer wieder gestört. Durch ständige Ein- und Ausfuhr von Energie und Stoff gelingt es, sich der Erreichung eines Maximalwertes der Entropie und damit eines thermodynamischen Gleichgewichtszustandes zu entziehen. Durch die ständige Ein- und Ausfuhr entsteht kein thermodynamischer Gleichgewichtszustand, sondern etwas, was VON BERTALANFFY als „Fließgleichgewicht“ oder „steady state“ bezeichnete. Der stationäre Zustand eines offenen Systems ist dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeiten der chemischen Reaktionen und der Diffusion konstant sind, d. h., daß eine Erhöhung der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit eine Erhöhung des Stoffzustroms nach sich zieht, so daß das System einem neuen stationären Zustand mit geringerer Entropie zustrebt. Das offene System unterscheidet sich u. a. vom geschlossenen darin, daß sich das einstellende Gleichgewicht nicht mehr allein nach dem chemischen Potential der Stoffe richtet, sondern von der Menge der Enzyme abhängig ist.

Ist die Menge der Enzyme groß, so wird Stoff A schnell in Stoff B umgewandelt. Bleibt die erhöhte Enzymmenge bestehen, *so paßt sich das System an*, es entwickelt Kräfte gegen die Störung seines stationären Zustandes. Durch vermehrte Stoffeinfuhr versucht es, den verstärkten Abbau auszugleichen, und es bildet sich ein neues Fließgleichgewicht.

Daher ist es für die Erforschung der Regulation des Zellstoffwechsels außerordentlich wichtig zu ergründen, welche Möglichkeiten zur Veränderung der Enzymkonzentration vorhanden sind.

Kennzeichnend für die Fließgleichgewichte des Zwischenstoffwechsels ist ihre Vielstufigkeit.

Das bedeutet, daß ein bestimmtes Substrat A über eine größere Zahl von Zwischenprodukten $x_1$, $x_2$, $x_3$, ... zu einem Endprodukt B umgewandelt wird. Kennzeichnend für den Zustand des Fließgleichgewichtes ist es, daß der Abzug von A gleich dem Zuwachs von B ist, während die stationäre Konzentration der Zwischenprodukte konstant bleibt.

Die stationären Konzentrationen der Zwischenprodukte sind den spezifischen Geschwindigkeitskonstanten einer Reaktion umgekehrt proportional. Darin liegt ein weiteres wichtiges Merkmal des Zwischenstoffwechsels – seine Verborgenheit – begründet. Denn es ist so zu erwarten, daß gerade bei den wichtigsten und schnellsten Stoffwechselvorgängen nur kleine stationäre Konzentrationen vorliegen.

[322] Die Vielstufigkeit der Fließgleichgewichte interessiert uns unter einem für die hier diskutierte Problematik wichtigen Aspekt. Beginnen wir mit folgenden Überlegungen:

*Man gewinnt den Eindruck, daß die lebende Zelle, wann immer nur möglich, mit reversiblen Reaktionen operiert.*

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Molekulare Prozesse sind im Prinzip reversibel, komplexe (biologische) Prozeßabläufe dagegen irreversibel. In komplexen Systemen existiert ein „point of no return“, an dem die neue Qualität von Teilprozessen nicht oder nur begrenzt rückgängig zu machen ist. Die Beziehungen zwischen Reversibilität und Irreversibilität in biologischen Prozeßabläufen unterschiedlicher Komplexität sind von großem theoretischen und praktischen Interesse. Eine wesentliche Ursache der Irreversibilität liegt in der Nicht-Eindeutigkeit durch Momente der Zufälligkeit in den Einzelprozessen.

Während die biochemischen Teilvorgänge meist völlig reversibel sind, muß die Kette der Reaktionen an und für sich infolge des Auftretens energetischer Barrieren irreversibel sein – die Umkehrbarkeit der Reaktion wird durch Umgehung der Barriere wieder ermöglicht. Ein Beispiel der Dialektik von Reversibilität und Irreversibilität: Infolge des energetischen Gefälles erscheint der einzelne Zyklus als ein irreversibler Vorgang, d. h., der Zyklus verläuft nur in einer Richtung. Jedoch wird die Reversibilität gerade durch die Zyklizität des ganzen Vorganges wieder erreicht. Diese Reversibilität des zyklischen Prozesses wird nun wiederum im komplizierten Gesamtprozeß, dessen Verlauf irreversibel ist, aufgehoben. Keimesentwicklung, Krankheit und jedes andere Phänomen zeigen eindeutig Anfang und Ende. Weder das Wachstum noch der Tod sind reversibel. *Verallgemeinert kann man sagen, die zyklischen Prozesse bilden in ihrer Gesamtheit die Grundlage für Entwicklungsprozesse*. In der Biochemie sind im Vergleich mit der Knallgasreaktion (der Grundreaktion der Atmung) „gering explosive“ Reaktionen die Regel, wenn man sie einzeln betrachtet, die sich jedoch in ihrer Gesamtheit zu einem Prozeß mit eindeutiger Richtung verketten.

Die Oxidation des Kohlenstoffs (innere Atmung) führt über eine komplexe Folge von Schritten. Es werden mindestens 12 Zwischenkörper gebildet, die sich von dem Kohlenstoffmolekül ableiten (die Zwischenstufen der anaeroben Gärung nicht eingerechnet, vgl. KREBS, **87**).

Wenn der Kohlenstoff direkt mit dem Luftsauerstoff reagiert (Knallgasreaktion), würden etwa 100 cal frei, bei den einzelnen Schritten der Reaktionskette gibt es jedoch keinen, der in der Nähe dieses Wertes liegt. Die Reversibilität der Reaktionen des Zwischenstoffwechsels ergibt sich aus der Tatsache, daß im Vergleich zur Knallgasreaktion die meisten Einzelreaktionen mit einem geringeren Energiegefälle vor sich gehen.

Eine Energiegewinnung und -ausnutzung wäre anders für den Organismus gar nicht möglich. Reversible Reaktionen mit relativ geringen Energieänderungen sind demnach charakteristisch für biochemische Umwandlungen. Die Zelle operiert, wo immer nur möglich, mit reversiblen Reaktionen; da diese immer nur geringe Energiemengen aufnehmen oder freisetzen, ist ein mehr oder weniger ausbalanciertes Gleichgewicht vorhanden.

[323] Betrachten wir die gesamte biologische Oxydation, so kommen zu den 12 genannten Reaktionen noch mindestens 4 hinzu, welche den Wasserstoff bzw. die Elektronen zum Sauerstoff transportieren. Bei der Oxydation der Fettsäuren mit 18 Kohlenstoffatomen werden 9 Azetylreste nacheinander abgespalten. Da die Bildung jedes Azetylradikals (mit Ausnahme des letzten) 4 verschiedene (wenn auch analoge) Reaktionen erfordert, durchläuft die Oxydation der Fettsäuren mit 18 Kohlenstoffatomen im Ganzen 32 Stufen.

Eine Berechnung der Zwischenstufen des Aminosäureabbaus führt zu einer Zahl von mindestens 60 verschiedenen Reaktionen. Wir haben also in der Zellatmung schon mindestens 108 Reaktionen.

Die enzymatischen Reaktionen verlaufen also in Ketten vieler einzelner Schritte, nur eine geringe Energieveränderung einbeziehend, in der Weise, daß das Produkt der vorangegangenen Reaktion Substrat der folgenden ist usw. Die Verbindung der einzelnen Reaktionen zu einer Kette wird durch die Spezifität gewährleistet.

In einer solchen Reaktionskette wird also der Stoff A (Ausgangsprodukt) über eine Reihe von Zwischenstufen $X_1$, $X_2$, ... zum Stoff B (Endprodukt) umgewandelt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

$$— A \rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow ... \rightarrow + B$$
$$\quad a \quad b \quad c \quad n$$

*Eine solche Vervielfältigung der Schritte bietet eine enorme Erhöhung der Kopplungsmöglichkeiten zwischen den einzelnen chemischen Prozessen*. Damit ist gleichzeitig gesagt, daß die chemische Spezifität der lebenden Zelle in ihrer 2. Form, der Auswahl bzw. Aktivierung relativ weniger Reaktionen aus einer Vielzahl thermodynamisch möglicher, außerordentlich hoch sein muß. Diese kinetische biochemische Spezifität findet ihren Ausdruck in den speziellen Stoffwechselwegen. Die Wege können verzweigt sein, sich aber auch zu Zyklen zusammenschließen. „Daraus entstehen Konkurrenz-, Kooperations- und Rückkopplungsbeziehungen innerhalb einer gegebenen Stoffwechselkette oder zwischen verschiedenen Strömungen des Stoffwechsels. Es entsteht ein Netzwerk mit dynamisch bedingter Stabilität und Plastizität.“ (RAPOPORT, **131**, S. 467.)

Es ist offensichtlich, daß die biochemische Spezifität bzw. der Informationsgehalt durch Prozesse geschaffen wird, die die Geschwindigkeit der zellulären Reaktionen regulieren und die damit bestimmen, welche der vielen möglichen Reaktionen der einzelnen chemischen Prozesse der Zelle wirklich im gewünschten Maße stattfinden. Unsere Analyse der Regulation des Zellstoffwechsels im vorangegangenen Abschnitt hat uns genügend Material gegeben in bezug auf die Mechanismen, welche die kinetische biochemische Spezifität bedingen. Sprechen wir von Input-output-Relationen in biologischen Systemen, so ist der „input“ gewöhnlich eine Konzentration und der „output“ die Veränderungsgeschwindigkeit dieser Konzentration. Es wird [324] also vor allem durch die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit reguliert.

Es sei hier hervorgehoben:

1. *Die Regulation des Zellstoffwechsels erfolgt durch Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit im Ergebnis ineinandergreifender Reaktionen,*
2. *das Hauptproblem ihrer Analyse ist daher die Identifizierung der die Reaktionsgeschwindigkeit begrenzenden Faktoren und*
3. *die Bestimmung der Faktoren, die wiederum die Schrittmacher beeinflussen.*

Als ein solcher die Reaktionsgeschwindigkeit begrenzender Faktor wird einmal die Substratmenge erkannt. Sie kann der Umweltfaktor sein, der die Geschwindigkeit vieler Reaktionen des Zwischenstoffwechsels bestimmt – aber nicht aller, denn es gibt Reaktionen, deren Geschwindigkeit von anderen Faktoren abhängig ist; diese Reaktionen nennt KREBS die „Schrittmacher“ des Stoffwechsels. Gerade auf diese langsamste Teilreaktion, durch die die Durchsatzrate einer Stoffwechselkette bestimmt wird, soll sich das Studium der Regulation des Zellstoffwechsels richten, schreibt KREBS. Dann kommen wir der Lösung der hier gestellten Grundfrage näher: „*Wie paßt sich der Stoffwechsel der Zellen und Gewebe den funktionellen Bedürfnissen an*?“ (**87**).

Das Verhalten jeder Enzymkette ist charakterisiert durch den begrenzenden Schritt, den die Schrittmacherreaktion darstellt, und durch die selbstregulatorischen Eigenschaften der Enzymkette (vgl. RAPOPORT, **131**).

Die Schrittmacher bestimmen die „Stellgröße“ des Zellstoffwechsels und gewährleisten so eine außerordentliche Konstanz.

Aus der Tatsache, daß die Bildung eines Zwischenproduktes in einer Kette aufeinanderfolgender Schritte erfolgt, ergibt sich, daß das Produkt des vorangegangenen Schrittes das Substrat für den folgenden ist. Man benötigt keine Mechanismen zur Begrenzung der Reaktionsgeschwindigkeit, wenn die Geschwindigkeit des folgenden der des vorangegangenen Schrittes gleichen soll. Nur bestimmte Schritte im Stoffwechsel, eben die Schrittmacher, müssen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

irgendwie reguliert werden. *Es muß einmal das Endprodukt* einer Stoffwechselkette reguliert werden können, um dieses Produkt mit Produkten anderer Wege koordinieren zu können. Zum anderen ist eine Regulation *bei sich teilenden oder kreuzenden Stoffwechselwegen* (alternative metabolic pathways) notwendig. Bei der Umschaltung von aeroben auf anaeroben Stoffwechsel, bei der Auswahl, welches Substrat (Kohlenhydrat, Fett oder Eiweiß) oxydiert wird, d. h. bei der Wahl alternativer Vorgänge sowie bei der Wahl verschiedener Richtungen eines Stoffwechselweges (Synthese oder Abbau von Fettsäuren) liegen Schrittmacherreaktionen vor.

Bei der Atmungskette ist diejenige Stufe entscheidend, die die Oxydation des Substrates einleitet. Es ist nur die erste Stufe dieser komplizierten Reaktionsfolge, die sich mit dem Substrat ändert. Dadurch wird bestimmt, welches Substrat in einer gegebenen Mischung vorzugsweise angegriffen wird. Die Zelle hat die Wahl, ob Kohlenhydrate, Fette oder Aminosäuren als Energiequelle herangezogen werden.

[325] *Die Wahl zwischen Substraten stellt die Konkurrenz* verschiedener Substanzen um den gleichen Katalysator dar.

Typisch hierfür ist das Vorhalten von Triosephosphat, Glutamat und Hydroxybutyrat zum Pyridinnukleotid, das von allen dreien reduziert werden kann. Die meisten Substrate konkurrieren um die Pyridinnukleotide. Fettsäure und reduziertes NAD (DPN) konkurrieren um das Flavoprotein. Bernsteinsäure und reduziertes Flavoprotein konkurrieren um Zytochrom (vgl. KREBS, **87**).

Wir können also sagen, daß zur kinetischen biochemischen Spezifität bzw. zum Informationsgehalt insbesondere beitragen:

1. die von uns hervorgehobene, außerordentlich entscheidende regulatorische Wirksamkeit der Enzyme. Ihre Aktivität oder Konzentration beschleunigt spezielle biochemische Prozesse;
2. die Konzentration der Zwischenprodukte. Sie spielt bei der Auswahl zwischen Substraten oder alternativen Stoffwechselwegen eine wichtige Rolle;
3. die Koenzymkonzentrationen. Sie sind oft entscheidende Verzweigungspunkte und bestimmen die Auswahl der Stoffwechselschritte;
4. eine wichtige regulatorische Wirkung haben die freien Nukleotide, und zwar das ADP/ATP-System, DPN/DPNH und TPN/TPNH.
5. Die Aktivität der Enzyme steht in einem engen Zusammenhang mit der Bildung bestimmter Endprodukte. Im Zusammenhang mit der Konzentration der Endprodukte entstehen verschiedene Arten von Rückkopplungssystemen. Entsprechend dem im Vorangegangenen Dargestellten erfolgt eine Regulierung der Enzyme auf vier verschiedene Weisen:
   a) durch Stimulierung der Aktivität der Enzyme,
   b) durch Hemmung der Aktivität der Enzyme (z. B. feedback inhibition),
   c) durch Stimulierung der Bildung von Enzymen (Enzym-Induktion),
   d) durch Hemmung der Bildung von Enzymen (Enzym-Repression).

Es sind dann verschiedene Niveaus der Regulation des Zellstoffwechsels zu unterscheiden:

1. Regulationsmöglichkeiten durch Neusynthese oder Abbau eines Enzyms.
2. Regulationsmöglichkeiten bei nicht völliger Neubildung oder nicht vollständigem Abbau der Enzyme.
3. Regulationsmöglichkeiten durch unmittelbare oder reaktionsferne Metaboliten, z. B. allosterische Effekte, bei gegebener Enzymkapazität.
4. Regulationsmöglichkeiten an den Reaktionsketten.

1. Wir wiesen schon im vorangegangenen Abschnitt darauf hin, daß ein weiterführendes Modell (RAPOPORT, **130**) für die Reifungs- und Alterungserscheinungen, der Anpassung und Entwicklung des Gesamtorganismus uns in der roten Blutzelle gegeben ist. Der Erythrozyt kann diesen Modellcharak-[326]ter tragen, da anzunehmen ist, daß die Aufdeckung von Ge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

setzmäßigkeiten an hochspezialisierten Zellen uns über die Vorgänge bei hochdifferenzierten Organismen noch weitergehende Auskünfte gibt als die einfachen Bakterienzellen. Die Ergebnisse an Bakterienzellen geben Auskunft über das Grundniveau der Regulation durch Neusynthese und Abbau von Enzymen, dagegen (hier folge ich unveröffentlichten Ausführungen von RAPOPORT) waren die Erythrozyten die ersten biologischen Systeme, an denen die Regulation durch Enzymuntergang untersucht wurde.

2. Ein anderes Niveau der Regulation behandeln die Arbeiten von TOMKINS und YIELDING (**167**, S. 331-337). Sie konnten zeigen, daß das gleiche Protein, hier die Glutamatdehydrogenase, verschiedene spezifische Aktivitäten zeigen kann, und zwar in Abhängigkeit von einer reversiblen Änderung seiner molekularen Struktur. Gerade diese Ergebnisse machen es wahrscheinlich, daß ein Enzym in vivo [im Lebendigen] eine Reihe verschiedener Aktivitäten zeigen kann, die in vitro [im Reagenzglas] oft schwer zu erkennen sind. Die Änderung der Größe und Art der Enzymaktivität durch Polymerisierung und Depolymerisierung, wie es in diesem Fall vorliegt, scheint ein Modellfall für einen wichtigen allgemeinen Typ von Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels zu sein.

Eine andere Form der Regulation des Zellstoffwechsels besteht in der Enzymaktivierung durch Demaskierung, die offensichtlich zurückzuführen ist auf eine Entfernung oder Veränderung von Stoffen, die durch Blockierung der aktiven Stellen die Wirksamkeit des Enzyms aufheben.

Manche Enzyme, z. B. Trypsin, treten zunächst in einer inaktiven Vorstufe (Proenzym) auf, die dann durch ein anderes Enzym oder einen anderen Faktor in die aktive Form umgewandelt wird. Beim Trypsin z. B. wird durch den Vorgang der Demaskierung der Anteil, der die reaktionsfähigen Bezirke des Enzyms „maskiert“, abgespalten.

Hierher gehört auch der von RAPOPORT und Mitarbeitern nachgewiesene RÜ-Hemmstoff, der für die Abnahme des Sukzinats und auch des Zytochromreduktasesystems verantwortlich ist.

3. Ein weiteres Regulationsniveau ist gegeben durch die Vielzahl von Regulationsmöglichkeiten beim Eingreifen reaktionsferner Stoffwechselprodukte und Kofaktoren bei gegebener Enzymkapazität.

Eine solche Wechselwirkung muß für die Regulation außerordentlich wichtig sein. Um die chemische Aktivität einer Zelle genau an die Umwelt und an seine eigenen Erfordernisse anzupassen, muß die spezifische Aktivität der Proteine verändert werden, die für kritische Stoffwechselschritte verantwortlich sind, und zwar in Reaktion auf bestimmte Stoffwechselprodukte, die als chemische Signale wirken und mit der Reaktion selbst nichts zu tun haben.

Es wird die Hypothese vertreten, daß als fundamentales Element der Regelungssysteme des Zellstoffwechsels, unabhängig davon, ob es sich um die Regulation der Aktivität oder der Synthese spezifischer Makromoleküle handelt, *allosterische Effekte an Proteinen* auftreten. Das Entscheidende ist, [327] daß *die Proteine, an denen solche Effekte auftreten, in der Lage sind, schnell und reversibel auf spezifische chemische Signale* (Effektoren) *zu reagieren*. Wir haben es hier mit Signalübermittlung zu tun. Erst dieser Typ der Regulation ermöglicht es der Zelle, die Verteilung von Bausteinen oder chemischen Potentialen entsprechend den Erfordernissen entlegener Stoffwechselwege zu regulieren. Erst sie wird es möglich machen, auf Signale aus der Umwelt zu reagieren, die von anderen Zellen kommen (Hormone). Erst die Signalübermittlung gibt die Freiheit von dem eigenen Reaktionsverlauf, denn das Entscheidende ist, daß das Stoffwechselprodukt, welches als Signal auftritt und die Wirksamkeit des Proteins reguliert, in keinerlei Beziehung zum Substrat, Koenzym oder zum Produkt der von dem Protein beherrschten Reaktion stehen muß. Der regulative Effekt scheint sich allein aus einer Anpassungsveränderung („conformational alteration“) des Proteins zu ergeben, die bei

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

der Bindung des Effektors an das Protein induziert wird. Das Protein ist der Vermittler der regulierenden Wechselwirkung. Es ist offensichtlich, daß das Protein, welches für diese elementare Wechselwirkung verantwortlich ist, eine spezifische Funktion zur Regulation und Koordination besitzt, die es auf Grund der in der molekularen Evolution ausgebildeten speziellen Struktur des Proteins vollbringen kann.

Es wird angenommen, daß die Bindung des allosterischen Effektors eine Anpassungsveränderung induziert, d. h. eine direkte, reversible Veränderung der molekularen Struktur des Proteins oder einer „allosteric transition“. Dies modifiziert die Eigenschaften der aktiven Stelle, so daß die kinetischen Parameter, welche die biologische Aktivität des Proteins charakterisieren, verändert werden (MONOD, CHANGEUX und JACOB, **108**).

Diese allosterischen Effekte besitzen eine spezifische im Evolutionsprozeß ausgebildete Funktion zur Regulation. „Es wird angenommen, daß diese Proteine wenigstens zwei voneinander verschiedene Rezeptorstellen besitzen. Eine von ihnen bindet das Substrat und ist für die biologische Aktivität verantwortlich. Die andere oder allosterische Stelle entspricht der Struktur eines anderen Metaboliten, dem allosterischen Effektor, der von ihr spezifisch und reversibel gebunden wird“ (**108**).

4. Wir sagten, daß die Geschwindigkeit einer Reaktionskette im Stoffwechsel von der langsamsten Teilreaktion bestimmt wird. Begrenzend wirken können Enzyme, Substrate, Koenzyme und andere Effektoren, wie z. B. Ionen. RAPOPORT (**130**, S. 105) konnte nachweisen, daß für die Glykolyse der roten Blutzellen die Hexokinase begrenzend wirkt. Dafür sprechen die Tatsachen der Übereinstimmung in der Größenordnung der Glykolyse und der Hexokinase bei den roten Blutkörperchen verschiedener Tierarten und der Kinetik der Glykolyse und der Hexokinase bei der Reifung von Retikulozyten. Es konnte gezeigt werden, daß die anderen Enzyme des Glukoseabbaus über eine größere absolute Enzymkapazität verfügen, vor allem dies macht die Hexokinasereaktion zum begrenzenden Faktor dieses Stoffwechsels. Die Enzymkapazität der Phosphoglyzeratkinase liegt um zwei Größenordnungen höher als der Gesamtvorgang der Glykolyse. Wie weitere Untersu-[328]chungen zeigten, kann sich jedoch der Ort der Begrenzung verschieben, so daß er auch bei einem Enzym mit großer Kapazität, wie dem PGADH, liegen kann. Ist der Schrittmacher bestimmt, dann gilt es, die Faktoren zu untersuchen, die wiederum den Schrittmacher beeinflussen.

Ionen, insbesondere die Wasserstoffionen, haben einen vielfältigen Einfluß auf Enzymreaktionen. Es konnte an roten Blutzellen gezeigt werden, daß die Glykolyse besonders stark *p*H-abhängig ist. „Durch die Übereinstimmung des *p*H der anaeroben Glykolyse und der Hexokinaseaktivität wird die Annahme, daß die Hexokinasereaktion begrenzend für die Glykolysekette sein muß, verstärkt“ (OCKEL, RAPOPORT, HINTERBERGER, GERISCHER-MOTHES, **115**, S. 211).

Viele Phosphatasen benötigen Magnesiumionen als Aktivatoren. Wahrscheinlich spielen sie bei der Bindung des Enzyms an sein Substrat eine Rolle. So wurde ebenfalls die Glykolyse von Erythrozyten bei Magnesiummangan untersucht (SYLM-RAPOPORT, STRASSBURGER und RAPOPORT (**164**, S. 206 bis 208), da Magnesium als Kofaktor der meisten phosphatübertragenden Fermente der Glykolyse eine Rolle spielt.

Einen entscheidenden Hinweis auf den Mechanismus, der der Abnahme der Hexokinase zugrunde liegt, gab die Tatsache, daß die Hexokinase ein SH-Enzym ist. Es wurde bei den sich daran anknüpfenden Untersuchungen erstmals der Nachweis einer stabilisierenden Wirkung des Glutathions auf Enzyme in einer intakten Zelle geführt.

RAPOPORT und Mitarbeiter wiesen nach, daß Glutathion ein Regulationsfaktor für die Aktivität einer Reihe von DH-Enzymen sein kann (zit. n. WAGENKNECHT, **174**, S. 77).

Viele Enzyme werden durch die Einwirkung milder Oxydationsmittel gehemmt, und die Aktivität kann durch Zugabe reduzierender Agenzien (z. B. reduziertes Glutathion und Zystein)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

wiederhergestellt werden. Entsprechend dem jeweiligen Redox-Zustand kann eine Verbindung aktivierend oder inaktivierend wirken. Durch die Oxydation der SH-Gruppe des Enzymproteins, deren Intaktheit Voraussetzung für die Wirksamkeit des Enzyms ist, kommt es zur Bildung von S-S-Brücken mit benachbarten Molekülen des Enzyms und zum Verlust seiner Aktivität. Durch SH-Verbindungen, z. B. durch reduziertes Glutathion, können die Sulfidbindungen wieder gespalten werden, und das Enzym gewinnt seine Aktivität zurück, so daß angenommen werden kann, daß die meisten SH-Enzyme durch Redox-Systeme (GSH/GSSG) in ihrer Aktivität reguliert werden. Es konnte gezeigt werden, daß eine künstlich herbeigeführte Oxydation des Glutathions innerhalb von Stunden zu einem Aktivitätsverlust der Pyrophosphatase führte.

Die Erhaltung des Glutathions im reduzierten Zustand wird durch ein Glutathion reduzierendes System gewährleistet, das aus Enzymen besteht, die funktionelle SH-Gruppen tragen. „Wird Glutathion oxydiert, werden auch diese Enzyme z. T. oxydiert. Dadurch wird weniger GSSG reduziert. Bleiben die oxydierenden Bedingungen bestehen, kommt es zu einem weiteren Abfall von GSH und Enzymaktivitäten. Wir haben somit eine sich selbst [329] stabilisierende Kette“, schreiben SCHEUCH und RAPOPORT (**143**, S. 85 f.). Es handelt sich hier um den erstmaligen Nachweis der stabilisierenden Wirkung des Glutathions auf die Enzymwirkung in einer intakten Zelle.

Gleichzeitig wurde deutlich, daß hier ein *Zusammenwirken spezifischer Stoffwechselprozesse mit statistischen Denaturierungsprozessen vorliegt*.

Die Möglichkeit einer dialektischen Einheit spezifischer und nichtspezifischer Prozesse ist für die nachfolgende Diskussion von grundsätzlicher Bedeutung. Insgesamt können bei den Reifungsprozessen roter Blutzellen umfassende Umschaltungen des Stoffwechsels beobachtet werden. Solche Umschaltungen machen, wie OPARIN (**117**) hervorhebt, auch das Wesen der Embryonalentwicklung aus, aber gerade sie sind, wie er betont, noch am allerwenigsten erforscht. Dies unterstreicht nachdrücklich, wie fruchtbar gerade die Erforschung des Erythrozytenstoffwechsels für Probleme der Regulation des Zellstoffwechsels, für Reifungs- und Alterungsvorgänge als Modell für die Differenzierung höherer Organismen ist.

Es wurde an anderer Stelle schon hervorgehoben, daß in der einzelnen Zelle Signalverarbeitung und Rückkopplung vorliegen, daß wir jedoch noch weitere regulatorische Vorgänge zu beachten haben, die m. E. nicht auf dem Prinzip der Rückkopplung beruhen. Es ist nach VON BERTALANFFY zu unterscheiden zwischen der Regulation von Fließgleichgewichten auf Grund dynamischer Prinzipien der Kinetik und Thermodynamik in einem offenen System und den Regelungen, die man unter dem Begriff der Homöostase zusammenfassen kann, beruhend auf dem Prinzip der Rückkopplung.

Im lebenden System werden störende Einflüsse ständig durch das Wirksamwerden von Regulationsmechanismen ausgeglichen. Dadurch setzt sich die Norm durch, die jedoch selbst immer wieder in der Entwicklung überwunden wird. Es handelt sich hier vor allem um das widerspruchsvolle Zusammenwirken zweier grundlegender Prozesse, die von der Wissenschaft in zwei allgemeinen Denkmodellen erfaßt werden:
1.in der Konzeption vom Organismus als offenem Durchflußsystem,
2.in der Konzeption vom Organismus als geschlossenem Regulationssystem.
Auf diese entscheidenden Momente in der Dialektik der Lebensprozesse wurde vor allem von WESSEL (**182**) aufmerksam gemacht und gerade hierin der Grundwiderspruch des Lebenden gesehen.

Interessante Wechselbeziehungen ergeben sich nun zwischen Kybernetik und der Theorie offener Systeme. Es soll hier deutlich gemacht werden, daß die Betrachtung von Lebensprozessen unter dem Gesichtspunkt des offenen Systems oder dem des Regelkreises auf zwei verschiedenen theoretischen Modellen beruht. Der Unterschied der beiden Modelle, das des kybernetischen (System mit feedback von Information) und das des offenen Systems (mit Austausch der Materie) liegt insbesondere in der Art der betrachteten Wechselwirkung. Das

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

offene System ist ein Modell der Wechselwirkung vieler Komponenten, der Regelkreis aber das Modell eines oft sehr komplizierten linearen bzw. zyklischen Zusammenhangs vom Rezeptor zum Zentrum, zum Effektor und zur Rückkopplung. In grober Vereinfachung könnte man [330] sagen (**11a**), daß die Regulation der Stoffwechselprozesse auch auf das Modell des offenen Systems abgebildet werden kann, während für die Regulation im gesamten Organismus das Modell des Regelkreises zutreffend ist.

„Obgleich“, schreibt VON BERTALANFFY, „das Resultat von Regulationen, die auf dem Fließgleichgewicht in einem offenem System, und von solchen, die auf Homöostasis beruhen, ähnlich ist und obgleich sie sich bei vielen physiologischen Erscheinungen überlappen und überlagern, so muß man doch zwischen diesen beiden Regulationstypen scharf unterscheiden“ (**14**, S. 38). Die erste Regulation ist im Sinne VON BERTALANFFYs primär, nicht weil er die Kybernetik unterschätzt, wie das KAMARYT (**69**) und andere verstanden haben wollen, sondern, weil es in der Tat unterschiedliche Denkmodelle sind. Er bezeichnet diese Regulation u. a. als primär, weil sie alle Teile des Organismus einschließlich der Erbanlagen erfaßt. Diese Regulation gewährleistet die Plastizität des ganzen Organismus, seinen spezifischen dynamischen Zustand. Die hier auftretende Zusammenspannung und Verknüpfung einzelner enzymatischer Teilreaktionen läßt eine Organisation ohne feste räumliche Strukturen entstehen.

*Es ist gerade wesentlich, daß Regulationen anderen Typs – Regulationen auf Grund einer relativ festen Lokalisation, d. h. von räumlichen Anordnungen bestimmter Lebensfunktionen in den morphologischen Strukturen, auf einer plastischen „Struktur“ bzw. Organisation von Prozessen aufbauen.*

Hier liegt m. E. einer der wesentlichen Unterschiede biologischer Regelung gegenüber der Regelung in Maschinen, die dem Material gegenüber im wesentlichen indifferent ist. VON BERTALANFFY (**14**, S. 39) spricht von progressiver Mechanisation. Umgekehrt betrachtet, kann man auch sagen: die *Systemauffassung der Automatentheorie geht über in eine allgemeine Systemtheorie im Sinne* VON BERTALANFFYs. Überall sind Übergänge, wechselseitige Beziehungen, ein sich gegenseitiges Durchdringen, keine scharfen Grenzen. Der Organismus ist nicht einerseits „Maschine“ und andererseits „dynamisches System“, auch nicht beides zugleich, sondern etwas Drittes. Wird die Einstellung und Aufrechterhaltung von Fließgleichgewichten ebenfalls mit dem Begriff der Rückkopplung belegt, so wird dieser letztlich zu einer naturphilosophischen Kategorie.

Wie wir sagten, wird der Stoffwechsel durch die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit reguliert. Die biochemische Spezifität, die Auswahl zwischen den verschiedenen möglichen Reaktionen, wird auf diesen verschiedenen genannten Wegen ermöglicht. Es entstehen dadurch die spezifischen Stoffwechselwege, Strukturen mit dynamisch bedingter Stabilität und Plastizität, einer Stabilität, die nicht bedingt ist durch die chemische oder mechanische Stabilität des Speichermaterials. Dies will ELSASSER (**31**, S. 197 f.) mit seinem Prinzip der nichtmechanischen Speicherung der Information und ihrer Erhaltung, das er den Auffassungen SCHRÖDINGERs gegenüberstellt, aussagen.

Diese Aufspaltung chemischer Reaktionen in eine Vielzahl kleiner Schritte widerspricht der Forderung nach mechanisch und chemisch stabilen Stoffen, [331] die als Speichermedium in Frage kämen. Im Gegenteil, es kann wohl kaum eine hierfür ungeeignetere Situation vorstellbar sein. Der Organismus scheint prinzipiell bemüht zu sein, chemisch und mechanisch stabile Strukturen zur Speicherung der Information zu meiden.

Die Verhinderung einer rein mechanischen Informationsspeicherung, wie sie dem Ingenieur geläufig ist, scheint charakteristisch für das Lebende zu sein. Die niemals völlig statische Struktur ist das Entscheidende für das Lebende. Es scheint hier in der Tat ein grundsätzlicher

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Unterschied zu bestehen zwischen der Art, in der einerseits der Automat und andererseits der lebende Organismus Information speichern.

Fingerabdrücke z. B. sind bemerkenswerte Erscheinungen der Informationsstabilität eines erwachsenen Organismus; obwohl sich die Haut abnutzt, sich ständig weitere Veränderungen vollziehen, bleiben die feinen Strukturen durch das ganze Leben in ihrer charakteristischen Weise erhalten. Auch die charakteristischen Züge eines erwachsenen Menschen verändern sich nur wenig im Laufe einiger Jahre, ja Jahrzehnte. Man kann sagen, daß der Informationsgehalt eines erwachsenen Organismus (Menschen) effektiv über Jahre konstant bleibt. Offensichtlich besteht aber keine Korrelation zwischen Stabilität der Information und der mechanischen und chemischen Stabilität des Speichermaterials. Orte erhöhter Informationsspeicherung – wie das Gehirn – sind auch gleichzeitig Orte erhöhter Stoffwechselaktivität. Alle diese Tatsachen führen ELSASSER zu dem Postulat, daß die Erhaltung von Information im Organismus im allgemeinen nicht nur durch mechanische Mittel bewirkt wird. Hierin ist er auch in voller Übereinstimmung mit OPARIN (**117**). Hier sei nur vermerkt, daß die Betrachtung der Informationsspeicherung im Gehirn, bei der Antikörperbildung und in der Keimzelle uns immer wieder das dialektische Zusammenwirken von Eiweißen und Nukleinsäuren und damit ein Zusammenwirken zwischen dynamischen, variablen und relativ stabilen sowie relativ konservativen Faktoren zeigt. Beide Seiten sind für den Lernprozeß notwendig, ja stellen ihn dar, wie auch die ontogenetische Entwicklung nicht einerseits Präformation und andererseits Epigenese ist, sondern die widersprüchliche Einheit von beiden. Beide Seiten in ihrer widersprüchlichen Einheit, die konservative wie die variable, die statische wie die dynamische, sind Lebensgeschehen, und deshalb kann nicht nur die eine, die „biotonische“ Seite, als lebend angesehen werden und die andere als Automat.

*Der Organismus ist weder nur „reines Lebensgeschehen“ noch „reiner Automat“, sondern etwas Drittes, nämlich die widersprüchliche Einheit von beiden.*

ELSASSER sieht die beiden widersprüchlichen Aspekte, doch verbindet er sie nicht genügend. Der Organismus funktioniert einerseits wie ein „Feedback-System“, und dann kommt noch plötzlich eine dynamische „Überhöhung“ des Geschehens hinzu, was als das eigentlich Biologische angesehen wird. Gelingt es, beide sich widersprechenden Aspekte zu verbinden, so kann man auch umgekehrt aus der Tatsache des dynamischen Charakters des lebenden Organismus keine Argumente ableiten, die die Anwendung auto-[332]matentheoretischer Verfahren und Denkmethoden in diesem Bereich vollständig negieren. Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf die Ausführungen in Abschnitt 1.3.

Auch VON BERTALANFFY spricht davon, daß es keine scharfe Grenze zwischen „dynamischem System“ und „Maschine“ gibt. Beide Aspekte sind einander überlagert, durchdringen einander. Es zeigte sich bei der Besprechung von Gedächtnisleistungen, daß der Organismus durchaus bestrebt ist, für die Speicherung stabile Strukturen zu verwenden, daß diese Strukturen einschließlich der Erbanlagen aber wiederum nicht absolut stabil sind.

„Alles ist Austausch des Feuers und das Feuer Austausch von allem, gerade wie für Gold Waren und für Waren Gold eingetauscht wird.“ (HERAKLIT, **63**.)

Durch die Anwendung der Isotope in der biochemischen Forschung konnte die Vorstellung gefestigt werden, daß die lebende Substanz ihre spezifischen Eigenschaften den Veränderungen verdankt, die sich ständig in ihr vollziehen. Es waren besonders die Arbeiten SCHÖNHEIMERS, die zeigten, daß sich solche Umwandlungen in einer früher nie geahnten Geschwindigkeit vollziehen. Der heutige Organismus meines Freundes ist nicht mehr der vor einigen Jahren! Und doch erkenne ich die mir bekannten Züge wieder. Dieses Problem war uns entgegengetreten als das Problem der nicht-mechanischen Informationsstabilität. Die Stabilität der in Maschinen gespeicherten Information ist abhängig von der chemischen und

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

physikalischen Stabilität des Speichermaterials. Im Lebenden kann dieser Grundsatz nur beschränkt gelten – sonst wäre der Panzer der Schildkröte der beste Speicher für ihre Information.

Jedes organische Gebilde erscheint von einem bestimmten Gesichtspunkt aus als beständig, als stationär. Gehen wir einen Schritt tiefer, so finden wir, daß diese Beharrung einen ständigen Wechsel der nächst untergeordneten Systeme bedeutet, der chemischen Komponenten in den Zellen, der Zellen im vielzelligen Organismus, der Individuen in den überindividuellen Lebenseinheiten.

In dieser Tatsache, daß ein organisches Gebilde im ständigen Wechsel beharrt, haben wir eines der grundlegenden Kennzeichen des Organismischen vor uns (VON BERTALANFFY, **13**, S. 11 f.).

An die Stelle der zerfallenden Moleküle bzw. Strukturen werden sofort entsprechende neue eingesetzt. Auf diese Weise, im ständigen Wechsel der Baustoffe, wird die Struktur und chemische Zusammensetzung des lebenden Organismus aufrechterhalten. Bei Lebewesen handelt es sich also nicht um statische, sondern um fließende bzw. stationäre Systeme (vgl. RAPOPORT, **134**). Damit ist deutlich, daß ihr Vermögen, unter gegebenen Umweltbedingungen ihren Informationsgehalt zu erhalten, mehr oder weniger lange am Leben zu bleiben, *nicht durch die Ruhe*, durch ihre Unveränderlichkeit, sondern im Gegenteil, durch die *Kontinuität der Bewegung* und durch die *Regultiertheit des Stoffwechsels* bedingt ist. Die Stoffwechselaktivität beeinflußt ständig die strukturellen Eigenschaften der Makromoleküle, es ändern [333] sich ihre Komponenten, *p*H-Veränderungen beeinflussen ihre mechanische Stabilität und ihre Aktivität usw. Indem wir nicht von einer völlig statischen Struktur sprechen, können wir auch hier, nicht nur während der ontogenetischen Entwicklung, sondern während des Lebensgeschehens überhaupt, nicht von einer völlig bestimmten Struktur sprechen.

Wollen wir die Dynamik des Lebensprozesses erfassen, müssen allerdings erst die zusammengehörigen Momente getrennt werden.

„Wir können uns die Bewegung nicht vorstellen, wir können sie nicht ausdrücken, ausmessen, abbilden, ohne das Kontinuierliche zu unterbrechen, ohne zu versimpeln, zu vergröbern, zu zerstückeln, ohne das Lebendige zu töten. Die Abbildung der Bewegung durch das Denken ist immer eine Vergröberung, eine Ertötung, und zwar nicht nur durch das Denken, sondern auch durch die Empfindung, und nicht nur der Bewegung, sondern auch *jedweden* Begriffes.“ (LENIN, **94**, S. 195.)

Wir müssen versuchen, die uns hier entgegentretenden unterschiedenen Momente des einheitlichen Naturvorganges, die Momente der Ruhe und Bewegung, der Konstanz und Variabilität, des Statischen und des Dynamischen, des Konstanten und Fließenden miteinander dialektisch zu verbinden. Nur wenn wir die Einheit der Gegensätze sehen, läßt sich das Geschehen richtig widerspiegeln. Und darin liegt das Wesen der Dialektik.

Die beiden gegensätzlichen Standpunkte, die im metaphysischen Denken getrennt, völlig beziehungslos zueinander verharren, lassen sich wieder formulieren:

Aussage 1: Der Organismus hat eine statische, bestimmte Struktur.

Aussage 2: Der Organismus lebt.

Wenn Aussage 2 wahr ist, soll Aussage 1 weder wahr noch falsch sein bzw. besser gesagt, im Zusammenhang der Begriffe soll der wirkliche Zusammenhang widergespiegelt werden können.

Aussage 1 ergibt sich als Resultat des Lebensprozesses in dem Augenblick, in dem wir seine Kontinuität unterbrechen. Aussage 2 betrachtet nur das Geschehen in seiner Kontinuität.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wollen wir aus diesem ständigen Geschehen heraus Aussagen über das Künftige machen, sollen Aussage 1 und 2 miteinander verbunden werden, um im Zusammenhang der Begriffe die wirklichen Zusammenhänge widerspiegeln zu können, so wird dies hier auch nur über eine Wahrscheinlichkeitsaussage möglich sein; *denn solange der Stoffwechsel stattfindet, solange der Organismus lebt, wird die Stoffwechselaktivität die strukturellen Eigenschaften der Makromoleküle beeinflussen, was wiederum gleichbedeutend ist mit der Änderung der Stoffwechselfunktion, da beides, wie die biochemische Forschung immer deutlicher zeigt, Momente des gleichen Geschehens sind. Man wird sagen können, daß der lebende Organismus mit der Wahrscheinlichkeit w zum Zeitpunkt t eine genau festgelegte mikroskopische Struktur und Dynamik haben wird*. [334]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# 10. Probleme der Höherentwicklung, der Informationsvermehrung

## 10.1. Allgemeine Verlaufsformen des biologischen Prozesses

Im Vorangegangenen wurde nachgewiesen, daß schon die einzelne Zelle über komplizierte Regulationsmechanismen verfügt, die ihr ein entsprechend vielfaltiges Anpassungsverhalten gestatten. Darüber hinaus wurde die Frage diskutiert, ob die einzelne Zelle auch schon solche Anpassungsmechanismen entwickelt hat, die nur zum Teil von den Genen kontrolliert werden und im einzelnen von den Wechselbeziehungen mit der Umwelt. Es konnte angenommen werden, daß ein System vorliegt, welches in der Lage ist, sein Programm auszubilden, d. h. zu lernen; dies jedoch nur im Sinne selektiver Lernprozesse. Der Mechanismus der Immunisierung scheint offensichtlich solche Eigenschaften zu zeigen. Es erwies sich als unwahrscheinlich, daß das Syntheseprogramm für alle möglichen Antikörper bereits vollständig vorgegeben sein sollte. Es ist wahrscheinlicher, daß es zu einer Zusammenlagerung vorcodierter Teilprogramme kommt, daß also die Zelle auf molekularer Grundlage die Fähigkeit zum Lernverhalten besitzt.

*Lernvorgänge sind Prozesse mit Entropieabbau, sind Prozesse, die von einer Stufe relativer Homogenität zu einer höheren Stufe der Differenziertheit und Mannigfaltigkeit führen*. Damit haben wir eine Aussage über eine mögliche, *allgemeine Strukturform des biologischen Prozesses gewonnen*.

Gehen wir davon aus, daß das molekulare Lernen z. B. bei Immunisierungsvorgängen wahrscheinlich in *Selektionsprozessen* auf der Grundlage vererbter oder in der Embryonalzeit erworbener bzw. neu zusammengelagerter Teilprogramme besteht, dann liegt hier schon kein einfacher, allein auf Informationsgewinn aus (bzw. auf Kosten) der normalen räumlichen Umwelt beruhender Lernprozeß vor.

Im Abschnitt über die Dialektik von Struktur und Prozeß sowie in dem unmittelbar vorangegangenen Abschnitt gelangten wir zu bestimmten Aussagen über Besonderheiten biologischer Struktur und Dynamik. Es wurde festgestellt, daß man während der ontogenetischen Entwicklung, aber auch beim erwachsenen Organismus, auf Grund der Lebenstätigkeit, des dynamischen Zustandes des Organismus, niemals auf eine völlig starre, genau bestimmte Struktur treffen wird. Immer tritt uns die dialektische Einheit der Momente der Ruhe und Bewegung, der Konstanz und Variabilität, des Dynamischen und Statischen, des Starren und Fließenden entgegen.

[335] Im folgenden soll nun die Frage diskutiert werden, ob diese Besonderheiten der biologischen Struktur und Dynamik, nicht sogar noch ein Verhalten ermöglichen, das über ein einfaches Lernverhalten hinausgeht, eine Verhaltensweise, die möglicherweise auf einem Lernverhalten aufbaut, es zur Voraussetzung hat, aber nicht allein auf einem Informationsgewinn aus der Umwelt beruht, sondern auch auf einer echten Informationsvermehrung im biologischen Prozeß selbst.

Prozesse dieser Art, d. h. Prozesse echter Selbstorganisation der Materie, begegnen uns u. a. in der präbiotischen Evolution, in der Phylogenese und auch in der Ontogenese, jedoch in jeweils unterschiedlicher Weise:

a) In der Selbstorganisation in der präbiotischen Evolution entsteht Information durch einen selbstselektiven Vorgang. Die Selbstorganisation erfolgt nicht (wie beim lernenden Automaten, vgl. S. 195 f.) bzw. nicht allein durch Aufnahme schon vorhandener Informationen aus der Außenwelt, sondern dadurch, daß biologische und präbiotische makromolekulare Systeme entstehen und sich identisch vermehren, wobei durch Optimierung des Selektionswertes in gegenseitiger Konkurrenz Information vermehrt wird (vgl. S. 391).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

b) Die Selbstorganisation in der Phylogenese hat ihre Voraussetzung in der ungenauen Reproduktion. Die bei der Vermehrung entstehenden Kopien widerspiegeln die Veränderungen, die auf Grund von Einwirkungen aus der Umwelt oder durch innere Ursachen entstanden sind und der Selektion unterworfen werden (vgl. S. 377).

Während es bei der präbiotischen Evolution um die Entstehung von biologisch bedeutsamer Information überhaupt geht, handelt es sich hier primär um die verschiedenen Möglichkeiten, wie Lebewesen Informationsgehalte verändern, Informationsgewinne erzielen können.

c) Die Selbstorganisation in der Ontogenese ist wiederum von anderer Art. Auch hier findet (die Unzulänglichkeit der präformistischen Konzeption vorausgesetzt) ein Prozeß der Informationsvermehrung statt. Entscheidend ist, daß es sich hierbei nicht primär um genetische Information handelt, sondern um Information, die chemisch gesehen und auch hinsichtlich ihrer Funktion einen anderen Charakter hat als die eindeutig genetische Information (vgl. S. 356 f.).

Bei Beachtung dieser entscheidenden Unterschiede ist das Problem der Informationsvermehrung, der Zunahme an Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit, ein zentrales Problem einer Theorie der Phylogenese wie der Ontogenese. OPARIN (**117**) spricht davon, daß es in den einzelnen Stadien des komplizierten Prozesses der Ontogenese zu qualitativen Umschlägen im Stoffwechsel kommt, deren Ergebnis die immer höhere Differenzierung der Zellen, Gewebe und Organe ist, „ähnlich der allmählichen Komplizierung der Organe während ihrer phylogenetischen Entwicklung“. Die hier aufgeworfene Problematik der Informationsvermehrung ist in bezug auf die ontogenetische Entwicklung besonders kompliziert. Diese Problematik wurde bisher kaum [336] diskutiert und, wie mir scheint, sehr oft auch gar nicht gesehen. So kann z. B. ROTHSCHUH (**138**, S. 143), obwohl er nur einige Zeilen zuvor den Präformismus ablehnte, durchaus schreiben: „Die Phylogenese zeigt im Gegensatz zur Ontogenese und über sie hinaus nicht nur eine Reproduktion von vorgegebener Ordnung, sondern eine echte *primäre Zunahme an Mannigfaltigkeit* und Vollkommenheit.“

Wenn jedoch die These einer dialektischen Einheit von Präformation und Epigenese ernst genommen wird, so ist entsprechend dem oben Gesagten nicht anzunehmen, daß eine isomorphe Repräsentation des Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus in den makromolekularen Strukturen der Keimzelle vorliegt. Es ist vielmehr anzunehmen, daß auch hier eine Selbstorganisation stattfindet, daß sich der Informationsgehalt zum Teil erst während der ontogenetischen Entwicklung ausbildet. Es ergibt sich zwangsläufig die Frage, wo kommt die zusätzliche Information her? Gewöhnlich ist die Antwort: aus der Umwelt. In der Tat nimmt auch die einzelne Zelle Informationen aus der Außenwelt auf und verarbeitet sie. Es ist aber die Frage, ob es wirklich in dem Maße geschieht, wie dies besonders unter dem Einfluß der Gedanken von SCHRÖDINGER, daß der Organismus sich von negativer Entropie nährt, oft angenommen wird. Es ist die Frage, ob die Vorstellung vom Import von Informationen allein schon genügt, um das Problem der Informationsvermehrung zu klären. Man sollte überlegen, inwieweit der lebende Organismus auf der Grundlage einer äußerst intensiven Wechselwirkung mit der Umwelt seine eigene strukturelle Inhomogenität produziert, inwieweit die Informationsvermehrung auch oder gerade endogen ist. Verhaltensweisen, die sich auf eine dialektische Einheit von Transformation vorgegebener Informationen mit exogenen Informationen und einer Informationsvermehrung aus der eigenen inneren widersprüchlichen Dynamik des Systems selbst gründen, könnte man als epigenetische bzw. „schöpferische“ Formen des Verhaltens bezeichnen oder besser als wirklich selbstorganisatorisches Verhalten.

Automatismen können von („schöpferischen“) selbstorganisatorischen Prozessen abgespalten werden, nicht aber umgekehrt. Selbstorganisatorische Prozesse können sich nur in Verbindung mit Automatismen vollziehen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Feststellung, daß es Prozesse der Selbstorganisation gibt, ist ebenfalls eine Aussage über eine mögliche allgemeine Strukturform des biologischen Prozesses. Wir wollen uns zunächst diesen allgemeinen Grundtypen der Verlaufsformen biologischer Prozesse zuwenden. Die Tatsache des dialektischen Gegensatzes von Ruhe und Bewegung, Struktur und Variabilität findet ihre Widerspiegelung auch in den verschiedenen Formen des methodologischen Herangehens an den biologischen Gegenstand in den Grundformen des Experiments und in den Gesetzen der Biologie. Man unterscheidet zwischen Strukturgesetzen und Bewegungs- bzw. Entwicklungsgesetzen:

1. Geht es um das Resultat biologischer Prozesse, so richtet sich die Methodik auf die Erfassung einer momentanen, bestimmten Struktur als eines [337] im Moment bestehenden Zustandsbildes. Die Struktur erkannten wir als die Gesamtheit der relativ konstanten Beziehungen zwischen den Teilen des Ganzen, vgl. Abschnitt 1.5. Der Begriff der Struktur bringt diese Konstanz zum Ausdruck, die auf Grund der Absolutheit der Bewegung und der Relativität der Ruhe ebenfalls nur relativ ist.
2. Geht es um den Vorgang selbst, steht die Bewegung und Entwicklung in ihrer Kontinuität im Mittelpunkt der Untersuchungen, so ist die methodologische Analyse auf die Erfassung des Prozesses gerichtet, der ebenfalls eine Struktur besitzt, sonst hätte es keinen Sinn, von Bewegungs- und Entwicklungsgesetzen zu sprechen.
   Bei der Erfassung eines möglichst genauen Zustandsbildes einerseits und der möglichst genauen Erfassung der Verlaufsformen biologischer Prozesse andererseits tritt uns wieder das Moment der Komplementarität entgegen, welches sich aus der Diskontinuität und Kontinuität der Bewegung ergibt. Die eigentliche Entwicklung kann also nicht nur in einer Folge von Abbildungen wiedergegeben werden, wozu uns jedoch die Auszeichnung eines festen Homomorphismus, die Festlegung einer bestimmten Struktur zu einem bestimmten Zeitpunkt zwingt.

Es ist der Widerspruch, der jeder Bewegung immanent ist. LENIN kritisierte eine metaphysische Bewegungsauffassung, indem er schrieb:

„Bewegung ist das Befinden des Körpers im gegebenen Moment an einem bestimmten Orte und in einem anderen, darauffolgenden Momente, an einem anderen Orte – das ist der Einwand, den TSCHERNOW allen ‚metaphysischen' Gegnern HEGELS nachspricht ... Dieser Einwand ist unrichtig: 1. er beschreibt das Resultat der Bewegung und nicht die Bewegung selbst; 2. er zeigt nicht, er enthält nicht in sich die Möglichkeit der Bewegung; 3. er stellt die Bewegung als eine Summe, als eine Verbindung von Ruhezuständen dar, d. h., der (dialektische) Widerspruch wird durch ihn nicht beseitigt, sondern nur verhüllt, aufgeschoben, verdeckt, verhängt." (**94**, S. 194 f.)

Wir können drei Grundtypen der Verlaufsformen biologischer Prozesse unterscheiden:

1. Prozesse mit Entropieaufbau,

2. Prozesse mit konstanter Entropie,

3. Prozesse mit Entropieabbau.

*Zu 1.* Unter einem biologischen Prozeß mit Entropieaufbau verstehen wir einen Prozeß, der von einer hohen Stufe der Differenziertheit, der Inhomogenität, zu einem Ansteigen der Homogenität führt. Ein solcher Prozeß tritt auf, wenn z. B. die Bakterienzelle ihre frühere Auseinandersetzung mit der Umwelt, beispielsweise mit Giftstoffen, wieder „vergißt". Krankhafte Prozesse können im Sinne einer Störung der Organisation, einer Desorganisation, verstanden werden. Prozesse, die beim Menschen von hoher geistiger Differenziertheit zu einem immer stärkeren Abbau führen, Alterserschei-[338]nungen, Zerstörung der Struktur der roten Blutkörperchen usw., sind Prozesse von Entropieaufbau. Verringerung der Organisation und

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Differenziertheit entspricht der Erhöhung der physikalischen Entropie, der Verringerung der „Neg-Entropie“.

*Zu 2*. Zu den Prozessen mit konstanter Entropie gehören jene, die wir als Informationstransformation *im* Falle eines idealen Kanals kennzeichnen. Die Informationstransformation im abstrakten System bzw. idealen Kanal erweist sich vom Blickpunkt der Strukturformen des biologischen Prozesses aus als ein Grenzfall der Prozeßstruktur. Es wird nun deutlich, daß allen unseren Aussagen über den Informationstransformator eine Verallgemeinerung der Aussagen des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik zugrunde liegt.

Die Konstanterhaltung des Informationsgehaltes von Augenblick zu Augenblick, der „Neg-Entropie“, bedeutet Konstanz der physikalischen Entropie. Jedem geschlossenen System ist jedoch entsprechend den verallgemeinerten Aussagen des 2. Hauptsatzes die Tendenz eigen, negative Entropie bzw. Information zu verbrauchen, einem Zustand maximaler Entropie zuzustreben. Die entscheidende Aussage war: Der Automat bzw. Informationstransformator *ist nicht in der Lage, neue Informationen zu schaffen*. Es handelt sich immer um die Transformation präexistierender Informationen, die im günstigsten Falle gegenüber den informationsdegradierenden Einwirkungen (Rauschen) erhalten bleiben.

Das Lebewesen kann infolge einer großen Entropieerhöhung in der Umwelt seine Entropie auf niedriger Stufe halten.

Als Prozesse mit konstanter Entropie (im verallgemeinerten Sinn) können im Lebenden z. B. die angeborenen Verhaltensweisen, Stereotype, aufgefaßt werden, wie auch die Induktion und Repression genetischer Potenzen bei der Eiweißsynthese.

*Zu 3*. Den unter 1. und 2. genannten Prozessen stehen biologische Prozesse mit Entropieabbau gegenüber. Das sind Prozesse, die von einer Stufe relativer Homogenität zu größerer Inhomogenität, also zu einer höheren Stufe der Differenziertheit, Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit führen. Prozesse mit Entropieabbau bzw. Informationsvermehrung sind alle Formen von Lernvorgängen und Entwicklungsprozessen sowie der schöpferischen Tätigkeit des Menschen. Der Unterscheidung zwischen Informationstransformation und Prozessen, in denen der Informationsgehalt wächst, liegt letztlich der in der philosophischen Auseinandersetzung immer wieder betonte Widerspruch zugrunde, der zwischen KELVINs Entwertung und DARWINs Aufstieg, zwischen dem Dissipationsgesetz in der Physik und dem Evolutionsgesetz in der Biologie, zu bestehen scheint. [339]

### 10.2. Evolution als Optimierungsprozeß

Entgegen dem thermodynamischen Begriff der Entwicklung ist der Begriff der Entwicklung in der lebenden Natur und in der Gesellschaft mit dem Wachstum der Organisation, der Bildung von Strukturen, dem Entstehen von Informationen, der Bildung immer komplexerer Funktionen verbunden. Die Vermehrung von Information, die Bildung hochgeordneter Strukturen scheint mit dem zweiten Prinzip der Thermodynamik unvereinbar, demzufolge sich jedes makroskopische System nur unter Vergrößerung der Entropie entwickeln kann.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik sagt aus, daß in jedem abgeschlossenen System die möglichen Prozesse so ablaufen, daß die Entropie zunimmt oder wenigstens nicht abnimmt. Die Entropie ist dabei eine Größe, die ein Maß für die im System herrschende Unordnung angibt. So hat z. B. ein mit Gas gefülltes Gefäß, in dem alle Gasmoleküle in einer Ecke konzentriert sind, eine geringere Entropie als das gleiche Gefäß, bei dem die Moleküle regellos über den ganzen zur Verfügung stehenden Raum verteilt sind. Sich selbst überlassen geht deshalb das Gefäß nach dem zweiten Hauptsatz vom ersten in den zweiten Zustand über, aber niemals umgekehrt. Der zweite Hauptsatz läßt sich auch als Maximalprinzip formulieren: In jedem abgeschlossenen System strebt die Entropie einem Maximum zu.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Die Selektion bedeutet das Überleben des am besten an die Umwelt angepaßten Organismus oder der am besten angepaßten Art. Die Lebewesen mit einer größeren Fortpflanzungsrate (Zahl der zur Fortpflanzung kommenden Nachkommen pro Lebewesen und pro Zeiteinheit) sind gegenüber den Lebewesen mit geringerer Fortpflanzungsrate im Vorteil, und sie setzen sich durch. Der Vererbungsmechanismus mit seinen zufälligen Veränderungen (Mutationen) läßt immer neue Lebewesen entstehen, die von ihren Vorfahren in günstiger und ungünstiger Richtung abweichen. Beides, Wirken des Zufalls und Selektion, erklärt die Evolution, die Höherentwicklung der Lebewesen zu immer höherer Organisation.

Beide Prinzipien, der zweite Hauptsatz der Thermodynamik und das Selektionsprinzip der Evolution, machen eine Aussage über die Richtung der Prozesse: In rein physikalischen Prozessen nimmt die Ordnung ab, in biologischen Prozessen nimmt die Ordnung zu. Darin wurde von vielen Wissenschaftlern und Philosophen der grundsätzliche Unterschied zwischen Physik und Biologie gesehen, und die Vitalisten gingen soweit zu behaupten, daß es in den Lebewesen eine besondere Lebenskraft gebe mit der Fähigkeit, den zweiten Hauptsatz außer Kraft zu setzen.

MONOD behauptet, daß ENGELS auf Grund der Naturdialektik dazu geführt worden sei, zwei der größten Entdeckungen seiner Zeit, nämlich den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und die Darwinsche Erklärung der Evolution durch die Selektion, zu verwerfen. ENGELS hat in Wirklichkeit diese fundamentalen Errungenschaften der Physik und der Biologie nicht abgelehnt, [340] sondern im Gegenteil tiefer verstanden als seine Zeitgenossen.[1] Seine kritischen Bemerkungen in der „Dialektik der Natur“ wenden sich gegen das Wirken des platten „reinen“ Zufalls sowohl beim zweiten Hauptsatz wie beim Selektionsprinzip und führen uns dazu, in beiden Fällen die Dialektik von Zufall und Notwendigkeit zu beachten. Wir können in bezug auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik auf eine Arbeit von H.-J. TREDER (**168a**) verweisen. Der Autor hebt das Genie ENGELS’ und die Tiefe seiner Einsichten in die Entwicklung der Physik hervor, der zehn Jahre vor jedem anderen die logische Notwendigkeit der rein statistischen Natur des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik aufgedeckt hat, während führende Thermodynamiker wie PLANCK noch 1895 dazu neigten, den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik für ein *absolut* gültiges Naturgesetz zu halten und aus diesem Grunde der Atomistik damals skeptisch gegenüberstanden.

In der Tat handelt es sich bei Lebewesen um energetisch offene Systeme, die auswählen und konzentrieren können. Wenn man das Planetensystem, speziell das System Erde-Sonne als abgeschlossenes System betrachtet (was mit großer Annäherung für sehr lange Zeiten zulässig ist), so gilt für dieses System der zweite Hauptsatz, obwohl die Ordnung in den einzelnen Lebewesen und in der ganzen Biosphäre zunimmt. Diese selbst ist kein abgeschlossenes System, und die irreversible Thermodynamik, die Thermodynamik der offenen Systeme, wurde

[1] Die Fortschritte auf dem Gebiet der Biologie, die heute sehr viel Aufsehen erregen, wurden in ihrer grundlegenden Bedeutung schon von ENGELS vor annähernd 100 Jahren vorausgesehen, als er die drei bedeutendsten Entdeckungen des 19. Jahrhunderts charakterisierte:
1. „Die Entdeckung der Zelle als der Einheit, aus deren Vervielfältigung und Differenzierung der ganze pflanzliche und tierische Körper sich entwickelt, so daß nicht nur die Entwicklung und das Wachstum aller höheren Organismen als nach einem einzigen allgemeinen Gesetz vor sich gehend erkannt, sondern auch in der Veränderungsfähigkeit der Zelle der Weg gezeigt ist, auf dem Organismen ihre Art verändern und damit eine mehr als individuelle Entwicklung durchmachen können.“
2. „Die Verwandlung der Energie ... so, daß die ganze Bewegung der Natur sich auf diesen unaufhörlichen Prozeß der Verwandlung aus einer Form in die andere reduziert.“
3. „Endlich der zuerst von DARWIN im Zusammenhang entwickelte Nachweis, daß der heute uns umgebende Bestand organischer Naturprodukte, die Menschen eingeschlossen, das Erzeugnis eines langen Entwicklungsprozesses aus wenigen ursprünglich einzelligen Keimen ist und diese wieder aus, auf chemischem Wege entstandenem, Protoplasma (oder Eiweiß) hervorgegangen sind.“ (F. ENGELS, **35a**, S. 39.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

erst in den letzten Jahrzehnten entwickelt, gerade auch im Hinblick auf ein tieferes biophysikalisches Verständnis der Lebensprozesse.

Die Evolution läßt sich in zweifacher Weise als Optimierungsprozeß deuten, wobei das Selektionsprinzip an die Stelle der Institution tritt, die das Optimalitätskriterien festlegt, ohne die der Begriff der Optimalität nicht definiert ist.

Man kann vereinfacht formulieren: Auf Grund des Selektionsprinzips entwickelt sich das Leben in der jeweils gegebenen Umwelt so, daß sich unter [341] den vorhandenen und entstehenden Biosystemen diejenigen durchsetzen und folglich heute anzutreffen sind, die die größte Fortpflanzungsrate haben. Hierbei kann unter einem Biosystem eine Art, aber auch eine Gemeinschaft von Arten gemeint sein. Es ist auch zu beachten, daß eine Art der anderen als Nahrung dienen kann. Schließlich muß noch die Möglichkeit der aktiven Veränderung der gegebenen Umwelt berücksichtigt werden, die schon im Tierreich auftritt (z. B. Termiten oder Biber), aber für den Menschen, da bewußt vollzogen, typisch ist.

Von C. F. v. WEIZSÄCKER (**181a**, **b**) wurde ein anderes Optimalitätsprinzip aufgestellt, das sich aus dem Selektionsprinzip ergibt und das Einwände von LECOMTE DU NOÜY und VAN DER WAERDEN gegen den Darwinismus entkräftet (vgl. S. 345). VAN DER WAERDEN berechnet, daß das Entstehen eines so komplizierten Organes wie etwa des Säugetierauges durch eine große Zahl von einzelnen Zufallsschritten unverhältnismäßig mehr Zeit benötigen muß, als die 4 Milliarden Jahre, die bestenfalls auf der Erde zur Entstehung und Entwicklung des Lebens zur Verfügung gestanden haben. Es sei deshalb anzunehmen, daß es ein uns noch unbekanntes, prinzipiell anders als die Selektion funktionierendes biologisches Prinzip geben muß. C. F. v. WEIZSÄCKER entgegnet: Die Grundvoraussetzung der Gleichwahrscheinlichkeit aller möglichen Kombinationen und die Unabhängigkeit der einzelnen Schritte voneinander, die VAN DER WAERDEN benutzt, sind unberechtigt. Stellen wir uns alle möglichen Wege vor, die die Natur einschlagen kann, um im Laufe der Evolution bis zum Auge zu gelangen. Die Zahl der möglichen Wege ist unübersehbar groß. Die Wissenschaftler können bis heute nicht einmal einen einzigen solchen Weg angeben! Eins aber ist sicher: Unter allen möglichen Wegen hat die Natur einen Weg ausgewählt, der ein Minimum an Zeit verlangte; denn das Lebewesen, das zuerst mit einem vollkommenen Auge ausgestattet war, ist allen Lebewesen, die einen längeren Weg eingeschlagen haben, überlegen: Das Lebewesen, das zuerst ans Ziel gelangt ist, ist das heute existierende und hat die anderen überlebt.

Das WEIZSÄCKERSche Optimalitätsprinzip läßt sich etwa wie folgt formulieren: Auf Grund des Selektionsprinzips hat sich ein heute bestehendes Biosystem auf dem schnellsten unter den gegebenen Umweltbedingungen möglichen Wege entwickelt. Unter dieses Prinzip fallen auch Lebewesen wie die Blaualgen, die sich seit Milliarden von Jahren nicht mehr verändert haben, das Prinzip verlangt nur, daß die Entwicklung bis zu der ersten in der heutigen Form existierenden Blaualge auf dem kürzesten Weg geschehen ist. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß das Tintenfischauge, das entwicklungsgeschichtlich einen ganz anderen Weg gegangen ist als das Säugetierauge, zum gleichen Konstruktionsplan geführt hat. Das ist neben dem Bestehen der beiden Optimalitätsprinzipien ein Beweis dafür, daß Gesetzmäßigkeiten die Evolution bestimmen.

Wie M. EIGEN in seiner Arbeit zur Selbstorganisation (**30c**) deutlich macht, ist DARWINs Prinzip kein der Biosphäre allein angehörendes, nicht rückführbares Phänomen, sondern erweist sich als ein an bestimmte physikalische [342] Voraussetzungen gebundenes Optimalitätsprinzip. Er geht dabei von der Thermodynamik der offenen Systeme aus. PRIGOGINE und GLANSDORFF (**44a**) haben gezeigt, daß es offene Systeme gibt, bei denen die Entropie in der Nähe eines Fließgleichgewichtes abnimmt. Das trifft insbesondere für offene Systeme zu, in denen sich autokatalytische Reaktionen abspielen. Da die Entropie abnimmt, ist das

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Fließgleichgewicht nicht stabil, das System strebt dabei auf Kosten seiner Umgebung einem Zustand mit geringerer Entropie, also höherer Ordnung zu. Im Gegensatz zur Thermodynamik der geschlossenen Systeme strebt also hier nicht die Entropie, sondern die Organisation einem Maximum zu.

Auf Grund dieser Theorie lassen sich Begriffe wie Selektionsspannung und Selektionswert physikalisch objektivieren und quantitativ formulieren. Damit erscheint das DARWINsche Prinzip als ein an bestimmte physikalische Bedingungen gebundenes ableitbares Optimalitätsprinzip.

Durch die quantitative Formulierung des Selektionswertes und auf Grund des Verständnisses der Evolution als Optimierungsprozesse werden Fragen der Evolution von konkurrierenden und kooperierenden Arten auch der Behandlung durch die Spieltheorie, der mathematischen Theorie vom optimalen Verhalten in Konfliktsituationen zugänglich. EIGEN spricht in seiner Arbeit von der Spieltheorie als einem „Schlüssel zu weiterer Verallgemeinerung der Evolutionstheorie“ (**30c**). Nach BREMERMANN (**19a**) können die Evolutionsprozesse als optimale Prozesse mit Hilfe der Theorie der optimalen Steuerung von Prozessen behandelt werden, die sich ebenso wie die Spieltheorie zu einer mathematisch weit ausgebauten Theorie entwickelt hat.

### 10.3. Höherentwicklung und das Problem des Zeitfaktors

Die Frage nach der Entstehung neuer Information, von Ordnung und Organisation, ist einer der Brennpunkte in der philosophischen Auseinandersetzung mit dem Vitalismus und anderen idealistischen Richtungen, die immaterielle, spezielle Ordnung schaffende Kräfte einführen und behaupten, daß die Materie von sich aus nicht die Fähigkeit besitze, zu einer Erhöhung der Differenziertheit und des Mannigfaltigkeitsgrades zu gelangen.

Betrachten wir zurückblickend die Fülle der Regulationsprozesse, der Phänomene der gegenseitigen Abstimmung, denen wir schon allein innerhalb der individuellen Zelle begegneten, alle die Phänomene, die ROTHSCHUH unter dem Begriff der „binomen Organisation“ zusammenfaßt, so kommt man letztlich zu der Frage: „Können wir die Entstehung sinnvoller Ordnung genetisch erklären und die Umstände benennen, welche sie bewirkt haben?“ (**138**, S. 134.)

LECOMTE DU NOÜY (**92**) prüfte die Wahrscheinlichkeit, die dafür besteht, daß lebensfähige Strukturen aus den physikalisch-chemischen Bedingungen spontan entstehen können, und kam zu dem Ergebnis, daß die Wahrschein-[343]lichkeit einer Spontanentstehung von Makromolekülen mit einem Molekulargewicht 20.000 fast Null sei. Die weitere Entwicklung sollte jedoch sehr bald zeigen, daß solche Voraussagen, die eine echte Entwicklung als unmöglich erscheinen lassen, vom Fortschritt der Wissenschaften überholt werden. Es konnte von MILLER (**105e**) experimentell gezeigt werden, daß eine spontane Entstehung von Eiweißbausteinen (Glykokoll und Alanin-Asparaginsäure) unter den Bedingungen der „Uratmosphäre“ wirklich möglich ist.

Weitere Versuche, die nun auch in anderen Ländern aufgenommen wurden, ließen sogar polymerisierte Aminosäuren und Proteinoide gewinnen, die 18 wichtige Aminosäuren enthalten können. Es zeigt sich also eine Erhöhung der Organisation und der Mannigfaltigkeit der Moleküle.

Das Leben besteht in einem ständigen Kampf um die Verzögerung des unvermeidlichen Sieges des physikalischen Gesetzes, indem es neue komplizierte Strukturen aus einfachen Bausteinen schafft, sie auf ein höheres energetisches Niveau bringt und den elementaren Teilen des Systems, den Molekülen, Atomen usw. eine bestimmte Richtung und Orientierung verleiht, also gegen eine Zufallsverteilung wirkt. In diesem Sinne ist das Leben als ein mathema-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

tisch sehr unwahrscheinliches Geschehen anzusehen. LECOMTE DU NOÜY zeigt die Schwierigkeiten, in die man kommt, wenn man den Lebensprozeß allein vom Standpunkt der Wahrscheinlichkeitsrechnung betrachtet. Er schreibt: „Wenn man einen Gelehrten dächte, welcher im Besitz der tiefsten mathematischen und physikalischen Kenntnisse wäre, aber die Biochemie und Biologie vollständig ignorierte, dann wäre es wohl möglich, daß er die Existenz solcher Moleküle wie die der Eiweißkörper und der Enzyme leugnete und das Leben überhaupt in Abrede stellen würde.“ (**92**, S. 167.)

Diese wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen von LECOMTE DU NOÜY beruhen auf der Annahme, daß wirklich alle Elemente voneinander unabhängig sind, daß wirklich alle Kombinationen in gleichem Maße möglich sein können. Gerade letzteres zeigt die geistige Verwandtschaft dieser Überlegungen mit denen, welche ELSASSER zur Aufstellung seines „Prinzips der endlichen Klassen“ führte. Hier hieß es, daß die Zahl möglicher Kombinationen immens groß ist und die Zahl der zur Verfügung stehenden Untersuchungsobjekte dagegen unendlich klein, so daß es unmöglich sei, alle möglichen mikroskopischen Konfigurationen zu untersuchen, wolle man nicht Gefahr laufen, die Art auszurotten. Wir wendeten dagegen ein, daß man es in Wirklichkeit immer mit Gruppenstrukturen zu tun hat, daß begrenzende Bedingungen vorliegen, die von vornherein die Zahl der Kombinationen, die möglich wären, wenn solche begrenzenden Bedingungen nicht vorliegen würden, einschränkt. Es sind eben nicht alle Kombinationen in gleicher Weise möglich.

Hier geht es nun um die Frage, wie das Höhere aus dem Niederen entsteht. Es erscheint in der Tat kaum möglich, daß in einer unendlichen Reihe von Versuchen die Atome und Moleküle „zufällig“ diese außerordentlich seltene Kombination eingehen, die für die Struktur und Funktion eines lebensfähigen Organismus notwendig ist. Die Aussichtslosigkeit solcher Vorstel-[344]lungen wird nachdrücklich durch das sog. Gulliver-Experiment unterstrichen, in dem versucht wurde, aus den durch Schütteln entstehenden zufälligen Wortkombinationen ein „vollkommenes System aller Künste und Wissenschaften zu liefern“. Eine mechanische Analogie zu oben gegebener Problemstellung wäre die Frage: Wie lange muß man etwa $10^{32}$ Metallmoleküle schütteln, bis daraus ein funktionstüchtiges Kraftfahrzeug wird. Daß auf diese Weise ein Makromolekül, z. B. eine aus 1.000.000 Bausteinen bestehende Nukleinsäure entsteht, ist in der Tat außerordentlich unwahrscheinlich, ja wäre ein Wunder. Es ist aber durchaus möglich und wird, wie wir sahen, von der modernen Wissenschaft gestützt, daß sich ein Übergang vollzieht von einzelnen Atomen zu einfachen Molekülen, von diesen einfachen Molekülen zu immer komplizierteren. *Das entscheidende ist also, daß zwischen dem Atom und dem sich herausbildenden Makromolekül eine große Zahl von Zwischenstufen besteht*. Diese Zwischenstufen faßt OPARIN in drei Etappen zusammen:

1. die Entstehung von organischen Stoffen,
2. die Entstehung polymerisierter Aminosäuren und
3. die Entstehung von Eiweißkörpern.

ASHBY stellt die Problematik auf Grund seiner theoretischen Überlegungen über „multistabile Systeme“ folgendermaßen dar: „Ein zusammengesetztes Ereignis, das unmöglich ist, wenn die Komponenten gleichzeitig auftreten müssen, kann leicht erreicht werden, wenn sie hintereinander oder unabhängig voneinander auftreten können.“ (**4**, S. 153.) Gerade aus diesen Ausführungen wird deutlich, daß es kein logischer Widerspruch ist, die Entstehung hochorganisierter Systeme unter den Voraussetzungen, wie sie von den oben erwähnten wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen gemacht werden, abzulehnen und doch die natürliche Entstehung lebender Wesen zu vertreten. WETTER ist demnach im Unrecht, wenn er schreibt: „In sonderbarem Widerspruch zu dieser Anerkennung der Notwendigkeit eines geistigen Prinzips bei der Entstehung von Ordnung (‚Wissen‘ um die Anordnung der Buchstaben, ‚schöpferischer Wille‘ des Konstrukteurs der Maschine) lehnt aber andererseits der dia-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

lektische Materialismus mit dem Mechanismus gegen den Vitalismus auch entschieden das Vorhandensein irgendeines ideellen Prinzips in den Lebewesen ab (‚Entelechie', ‚Seele', ‚Lebenskraft', oder wie immer dies auch genannt würde), und um so mehr die Existenz einer außerweltlichen geistigen Schöpferkraft." (**183**, S. 67.)

Eine technische kybernetische Maschine unterscheidet sich vom lebenden Organismus in ihrer Zusammensetzung und ihrer Struktur und Funktion, im Charakter der sie konstruierenden chemischen und physikalischen Prozesse, *in ihrer Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte*. Gerade im Hinblick auf letzteres ist es klar, daß die Entstehung und Entwicklung der technischen Geräte den Ingenieur als ihren Schöpfer zur Voraussetzung haben, *die natürlichen Systeme aber nicht*. WETTER behauptet, eine solche Feststellung sei widerspruchsvoll und führt so den Leser zu der Fiktion eines göttlichen Ingenieurs.

[345] Die Herausstellung der Tatsache, daß die technischen Geräte Arbeitsprodukte des Menschen sind, ist auch noch in folgender Hinsicht wichtig. Darin, daß technische Maschinen Produkte der bewußten Umgestaltung der Natur sind, unterscheiden sich die Maschinen nicht nur von den Lebewesen, sondern ebenso prinzipiell von den natürlichen anorganischen Systemen. Wir hatten in anderem Zusammenhang schon darauf hingewiesen, daß die anorganische Natur ohne das Zutun des Menschen arm an funktionellen Gestaltungen ist. Gerade in der Tatsache, daß es keine Zwischenstufen gab, sieht ASHBY eine Ursache für eine Reihe von Mißverständnissen. Der Homöostat aber stellt eine solche Zwischenstufe dar. In ihm sind funktionelle Prinzipien verwirklicht, die ihn Verhaltensweisen zeigen lassen, die vorher nur im Zusammenhang mit Lebewesen beobachtet werden konnten und für die Vitalisten Ausdruck einer besonderen Lebenskraft waren.

Der Fortschritt der technischen Entwicklung ging vom linearen System, dem einfachen Glied oder der Steuerkette, zu dem durch Rückkopplung stabilisierten System, von diesem System zu dem durch die Stufenfunktion charakterisierten ultrastabilen System, welches Anpassungsverhalten zusammen mit Wahlvermögen zeigt. Hier trat das Problem der Zeitdauer auf. Wenn ein Lebewesen zu lange braucht, um sich plötzlich Umweltveränderungen anzupassen, dann ist es ebenfalls im Existenzkampf unterlegen. Der lebende Organismus ist nach ASHBY ein multistabiles System. Es ist ein System, welches aus ultrastabilen Teilsystemen besteht, die durch *Teilfunktionen* miteinander verbunden sind. Die Teilfunktionen sind solche Funktionen, die an bestimmten Stellen konstante Werte besitzen und so die Einwirkung verschiedener Verhaltensweisen aufeinander verhindern. Entsprechend der Erkenntnis ASHBYS, daß viele Ereignisse erst möglich werden, wenn sie unabhängig und hintereinander auftreten können, ist es erst einem multistabilen System möglich, in einer für die Erhaltung des Systems unbedingt notwendigen kurzen Zeit die notwendigen Anpassungsreaktionen zu vollziehen.

Wie KLAUS (**76**, S. 173) deutlich macht, ist damit auch die Auffassung WETTERs widerlegt, welche, auf den Überlegungen von LECOMTE DU NOÜY aufbauend, die These enthält, daß die Entstehung des Lebens ungefähr $10^{243}$ Milliarden Jahre bedürfe, nach den Ansichten der Astronomie die Erde jedoch nicht älter als 3 Milliarden Jahre ist und das Leben auf der Erde erst ungefähr eineinhalb Milliarden Jahre besteht und daher eine natürliche Entstehung des Lebens nicht denkbar sei.[1]

[1] Zu dem Problem Zeitskala der Evolution hat VON WEIZSÄCKER in einem Vortrag bemerkenswerte Ausführungen gemacht, die in der Zeitschrift „Wissenschaftliche Welt 10, 4, 15-16 (1966) abgedruckt sind. Er sagte: „Wir können uns günstigenfalls mit den Mitteln heutiger Biologie diejenigen Evolutionsschemata ausdenken, die uns eben einfallen. Angenommen, das seien wirklich funktionierende Evolutionsschemata, so werden sie doch wahrscheinlich nicht die richtigen sein, noch nicht die, die wirklich realisiert worden sind. Nach dem, was ich gerade gesagt habe, würde ich sogar prophezeien, daß jedes Evolutionsschema, das wir uns ausdenken, eine zu lange Zeitskala hat, denn das [346] richtige ist durch die Extremalforderung ausgezeichnet, daß es die kürzeste Zeitskala hat. Nun sind aber in den kombinatorischen Rechnungen, die man hier machen muß, die Zeitskalen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[346] ELSASSERs Überlegungen mündeten in die These, daß nicht genügend Exemplare einer bestimmten Klasse biologischer Objekte zur Untersuchung aller möglichen Kombinationen zur Verfügung stehen. Die hier untersuchten Überlegungen münden in die These, daß nicht genügend Zeit für die Entstehung derjenigen Kombinationen der Bestandteile, die ein lebensfähiges System ermöglichen, gegeben ist. Wir sahen nun, daß, wenn einzelne Teilsysteme sich nacheinander, aber auch schon, wenn sie sich relativ unabhängig voneinander gleichzeitig stabilisieren können, die Anpassungszeit wesentlich verkürzt wird, daß das, was vorher als unmöglich erschien, durchaus möglich wurde.

Es wird die Entstehung des Lebens in der zur Verfügung stehenden Zeit durchaus möglich, wenn man nicht übersieht, daß sich die Entwicklung in einer Aufeinanderfolge von *Stufen* vollzieht. Auch gegenüber ELSASSERs These gewinnt man durch diesen Gedankengang ein weiteres Argument. Wir analysieren nicht das ganze hochkomplexe System auf einmal, sondern zunächst bestimmte Einheiten und dann die Möglichkeiten ihres Zusammenwirkens, wieder weitere feinere Einheiten mit ihren Möglichkeiten des Zusammenwirkens usw. Sehr oft genügt jedoch schon eine bestimmte Grobstruktur zum Verständnis der Funktion.

### 10.4. Entwicklung und die Theorie des offenen Systems

Die energetische Seite dieses alten philosophischen Problems ist durch die Theorie der offenen Systeme gelöst. VON BERTALANFFY schreibt dazu: „Auf der Grundlage der Theorie der offenen Systeme verschwindet der scheinbare Widerspruch zwischen Entropie und Evolution. In offenen Systemen kann die Entropie abnehmen, und deshalb können solche Systeme sich spontan in Richtung auf Zustände von größerer Mannigfaltigkeit und Kompliziertheit entwickeln. Vielleicht ist es gerade das thermodynamische Wesen der [347] Organismen als offener Systeme, das im Hintergrund des scheinbaren Gegensatzes zwischen der Katamorphose der unbelebten und der Anamorphose der belebten Natur steht. Dies ist offensichtlich beim Übergang zu größerer Kompliziertheit in der embryonalen Entwicklung, die möglich ist auf Kosten von Energie, die aus der Oxydation und anderen energieliefernden Prozessen stammt. Im Hinblick auf die Evolution zeigt uns diese Betrachtung, daß es die vermutete Verletzung der physikalischen Gesetze gar nicht gibt, oder vielmehr, daß sie bei der Verallgemeinerung der physikalischen Theorie verschwindet.“ (**14**, S. 47 f.)

OPARIN schreibt (sich gegen WIENER wendend), daß der Vergleich zwischen Automat und Lebewesen ungenügend sei, da sich u. a. die Art der Organisationserhöhung in Lebewesen von der bei Automaten möglichen unterscheide und beim Lebewesen völlig rational durch die Theorie der offenen Systeme von VON BERTALANFFY erklärt werde (**117**, S. 21).

Mit den Gesetzmäßigkeiten offener Systeme ist die thermodynamische Voraussetzung für die natürliche Höherentwicklung des Lebens gegeben; die Vermehrung der Entropie gilt nur für geschlossene Systeme. Wir haben eine offene Welt, wo es ohne Wunder möglich ist, dem Ausgleich zu entgehen, der durch den Entropieaufbau einem geschlossenen System auferlegt ist. Es gelingt dem lebenden Organismus, der Fortentwicklung zur maximalen Entropie zu entgehen bzw. sie auf niedriger Stufe zu halten, da er als offenes System in ständigem energetischem, stofflichem und informativem Austausch mit der Umwelt steht. Der lebende Or-

---

nicht etwa um einen Faktor 2 verschieden, sondern nach kurzer Zeit kommen Faktoren von der Größenordnung $2^{100}$ vor, d. h., es ist anzunehmen, daß eine saubere Durchrechnung der Evolutionswahrscheinlichkeiten zunächst dazu führen wird, daß es vollkommen hoffnungslos erscheinen muß, die Evolution in der vorgegebenen Zeit auf dem Darwinschen Weg zu realisieren. Eben dies würde ich als Kriterium dafür ansehen, daß man die Evolutionsmechanismen hinreichend sorgfältig durchdacht hat. Nur wenn man sie sehr leichtfertig behandelt, kann man gleich zu dem Schluß kommen, daß die Zeitskala ausreicht. Aber das ist wiederum nach meinem eigenen Argument überhaupt kein Einwand gegen DARWIN, sondern nur eine Beschreibung der Unvollkommenheit unseres Wissens. Das heißt, ich sehe keinen zwingenden Grund, die Schwierigkeiten, die natürlich im Darwinismus stecken, gegen die Möglichkeit der Wahrheit des Darwinismus auszuspielen.“

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ganismus erhält negative Entropie, entsprechend dem berühmten Satz von SCHRÖDINGER: „Das, wovon ein Organismus sich ernährt, ist negative Entropie. Oder, um es etwas weniger paradox auszudrücken: das Wesentliche am Stoffwechsel ist, daß es dem Organismus gelingt, sich von der Entropie zu befreien, die er, solange er lebt, erzeugen muß.“ (**147**, S. 101.) Die Aufrechterhaltung der Ordnung beruht demnach auf der Fähigkeit des lebenden Organismus, hochwertige Nahrungsmittel, Stoffe mit hoher freier Energie, mit einem hohen Ordnungsgrad, aufzunehmen und sie mit geringerer freier Energie weniger organisiert auszuscheiden. Die ausgeschiedenen Stoffe sind immer noch hoch genug organisiert, um dann von den Pflanzen mit Hilfe der Sonnenenergie wieder organisiert zu werden.

Es ist freie Energie und vermutlich weniger Geordnetheit (Information), die der tierische Organismus diesen Nahrungsmitteln entnimmt; bei der Verdauung erfolgt eine völlige Degradation der geordneten Proteinmoleküle (vgl. **32**, S. 37, und **33**, S. 185 f., sowie PASSYNSKI, **118a**).

*Im Entwicklungsprozeß wird aber nicht nur die Organisation des Organismus erhalten, sondern durch Höherentwicklung vervollkommnet. Es kommt zu einer Informationsvermehrung.* Wenn uns die Konzeption von SCHRÖDINGER verständlich macht, wie es dem Organismus gelingt, die Entropie, „die er, solange er lebt, erzeugen muß“, auf niedriger Stufe zu halten, so erklärt uns „dies jedoch nicht die Entstehung einer planmäßigen Systematisierung, d. h. [348] *einer offensichtlichen Verringerung der Entropie im Evolutionsprozeß lebender Individuen*“ (**144a**).

Dies ist eine äußerst wichtige Feststellung, die jedoch in der biologischen Literatur noch selten zu finden ist. Wird dieser Gedanke konsequent zu Ende gedacht, tritt die Frage auf, ob das Problem des Informationszuwachses, der progressiven Differenzierung wirklich schon vollständig durch die Annahme einer Einfuhr von Information aus der Außenwelt gelöst wird.

Wir können also festhalten:

Die klassische Physik beschränkte sich auf geschlossene Systeme. Da durch letztere wesentliche Eigenschaften lebender Systeme sowie auch tierischer Lebensgemeinschaften und sozialökonomischer Systeme nicht geklärt werden konnten, mußte das bisherige physikalische Denkmodell erweitert werden. Das offene System, das im Gegensatz zum geschlossenen System in einem ständigen Stoff- und Energieaustausch mit seiner Umwelt steht, ist ein sehr wichtiges allgemeines Denkmodell des lebenden Organismus und vieler Lebenserscheinungen, das folgende wesentliche Merkmale aufweist:

1. Es strebt nach einem Fließgleichgewicht.
2. Es gewährleistet die Konstanz des Systems durch Stoff- und Energiewechsel.
3. Es strebt gegen Einwirkungen aus der Umwelt einem im wesentlichen nur durch die Systemparameter bestimmten, von den Anfangsbedingungen unabhängigen Zustand zu (Äquifinalität).
4. Es nimmt negative Entropie (Information) auf.
5. Es kann von selbst ein höheres Organisationsniveau erreichen.

Bei einem solchen System sind also die Erhaltung der Zustände hoher Unwahrscheinlichkeit und der Übergang zu unwahrscheinlicheren Zuständen, d. h. die selbständige Erreichung eines höheren Organisationsniveaus, thermodynamisch erlaubt und die vitalistische These von der angeblichen Verletzung physikalischer Gesetze widerlegt. Die Theorie erklärt jedoch noch nicht, was wirklich geschieht. Will man zu einem naturwissenschaftlichen Verständnis der biologischen Evolution, der progressiven Differenzierung gelangen, so wird wahrscheinlich eine Synthese der irreversiblen Thermodynamik offener Systeme mit der Informationstheorie, der Erkenntnis der DNS als Träger genetischer Informationen, die sich im Verlaufe der Evolution vermehren, notwendig werden. [349]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 10.5. Thermodynamische Möglichkeit für die endogene Informationsvermehrung

Wie ist der Prozeß der Informationsvermehrung ohne Verstoß gegen physikalische Gesetze, insbesondere gegen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, möglich? Dies ist hier das entscheidende Problem.

Zur Lösung dieser Frage scheint es mir auch hier wichtig, auf die innere Widersprüchlichkeit des lebenden Systems zu orientieren. Im Lebensprozeß tritt uns eine tiefe dialektische Einheit von Ganzem und Teil, von Struktur und Variabilität, von spezifischen und nicht-spezifischen Vorgängen entgegen. Ausdruck der inneren Widersprüchlichkeit ist die echte Dialektik von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen. Es ergeben sich auf Grund der inneren Widersprüchlichkeit der lebenden Materie immer neue Möglichkeiten der Entwicklung. Diese Möglichkeiten werden im Verlaufe der Entwicklung eingeschränkt, wobei sich der Informationsgehalt erhöht. Während in der phylogenetischen Entwicklung die Auswahl der einen, der geeignetsten Möglichkeit, nach der Verwirklichung anderer Möglichkeiten geschieht, werden bei der ontogenetischen Entwicklung andere Möglichkeiten gar nicht erst realisiert. Die Auswahl erfolgt vorher. In der Ontogenese wie in der Phylogenese wäre dann die Möglichkeit gegeben, daß sich der Informationsgehalt erhöht, und zwar *auf Kosten* der für die jeweilige Situation ungeeigneten Möglichkeit. So wäre eine Informationszunahme denkbar ohne Verstoß gegen physikalische Gesetze und ohne die Annahme, daß sie allein auf Kosten der normalen räumlichen Umwelt erfolgen müsse.

Die Auffassung, die Informationszunahme erfolge auf Kosten der normalen räumlichen Umwelt, ist doch wohl schon dadurch widerlegt, daß der Embryo relativ abgeschirmt ist und auch im Vogelei eine Entwicklung stattfindet. Die einzelne Zelle erhält natürlich auch exogene Informationen, spezifische Informationen über die Ankunft, Geschwindigkeit und Orientierung der Moleküle. Bakterien und auch Pflanzen lassen sich jedoch auf Nährböden züchten, die nur einige einfache Salze und – im Falle der Bakterien – Kohlenstoff enthalten. Bei höheren Organismen müssen die aufgenommenen Proteine in ihre Grundbestandteile, die einfachen Aminosäuren, zerlegt werden, damit durch die fremden Eiweiße keine starken Antigen-Antikörper-Reaktionen hervorgerufen werden. Die Aufgabe des Stoffwechsels ist es gerade, sie abzubauen und in körpereigene Substanzen umzuwandeln, d. h., die einkommende Nahrung ist im Vergleich zum hochkomplexen Organismus relativ homogen und enthält daher wahrscheinlich nicht so viele Informationen für den hochkomplexen lebenden Organismus, wie vielleicht unter dem Einfluß der Gedanken von SCHRÖDINGER oft angenommen wird.

Wir haben hier keine geistigen Prozesse im Auge, die sicher im wesentlichen auf einer Informationsaufnahme aus der Außenwelt beruhen. Auch der lebende Organismus steht natürlich in einem ständigen Informationsfluß mit seiner Umwelt, die oben angeführten [350] Einschränkungen sind daher nicht zu verabsolutieren, sondern sollten nur als Hinweis darauf verstanden werden, daß es wahrscheinlich notwendig ist, diese Problematik noch tiefer zu durchdenken.

Zumindest sollten uns diese Überlegungen darauf hinweisen, daß im Zusammenhang mit der Theorie der offenen Systeme der energetische Gesichtspunkt im Vordergrund steht, daß die Tatsache, daß lebende Organismen offene Systeme sind, von entscheidender Bedeutung für ihre Struktur und die Dynamik der lebenden Systeme ist, aber noch nicht von selbst das Problem der Höherentwicklung löst.

Der lebende Organismus ist ein in stofflich-energetischer Hinsicht offenes System, d. h., er steht in einem ständigen stofflichen und energetischen Austausch mit seiner Umwelt. Wie schon im einzelnen gezeigt wurde, halten diese in ihrer Gesamtheit als Stoffwechsel (Metabolismus) bezeichneten Prozesse den lebenden Organismus in einem „Fließgleichgewicht“ im Sinne VON BERTALANFFYs. Solche Systeme können die für geschlossene Systeme charakteristische mehr oder weniger schnelle Annäherung an den Zustand maximaler (positiver) Entropie, d. h. maximaler Unordnung, verhindern durch die Aufnahme „negativer Entropie“, d. h.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Ordnung aus der Umgebung des Systems. Den hier aufgezeigten energetischen Aspekt gilt es jedoch noch zu ergänzen durch den informationellen Aspekt, *demzufolge der lebende Organismus ein informationsaufnehmendes, -speicherndes, -verarbeitendes, -übertragendes und, wenn unsere Hypothese richtig ist, auch -vermehrendes System ist.*

Zum Verständnis der in diesem Zusammenhang auftretenden Probleme wird die vom dialektischen Materialismus getroffene Unterscheidung zwischen inneren und äußeren Widersprüchen besonders wichtig. Bei einem inneren Widerspruch bestehen die gegensätzlichen Seiten im Rahmen einer bestimmten Qualität. Bei einem äußeren Widerspruch dagegen, wie eben zwischen Organismus und Umwelt, gehören die beiden gegensätzlichen Seiten verschiedenen Qualitäten an. Innere und äußere Widersprüche stehen in enger Wechselbeziehung miteinander und sind voneinander nicht zu trennen, doch sind die inneren Widersprüche als die das Wesen der Dinge und ihre Entwicklung bestimmenden anzusehen. Die Berücksichtigung dieser aus der Verallgemeinerung der Forschungsergebnisse verschiedenster Bereiche der objektiven Realität gewonnene philosophische Erkenntnis bietet die Grundlage zur Widerlegung all jener Konzeptionen, die das Lebensgeschehen auf geistige Triebkräfte oder nicht ergründbare Spontaneität zurückzuführen suchen, und kann zu einem tieferen Verständnis des Lebensgeschehens führen.

Es genügt nicht zu wissen, daß die Entwicklung lebender Systeme, die Bildung hochgeordneter Strukturen einer Vermehrung der Entropie in der Umwelt entsprechen kann und deshalb prinzipiell in Übereinstimmung mit den Aussagen des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik steht. So wichtig diese Erkenntnis gerade in der Auseinandersetzung mit vitalistischen Vorstellungen auch ist, so sagt uns eine solche Feststellung jedoch noch nichts über die Entwicklung des lebenden Systems selbst, über die Prozesse, die zu einer molekularen Organisation führen.

[351] PRIGOGINE stellte die Frage, ob eine thermodynamische Beschreibung der Entwicklungsprozesse lebender Systeme selbst möglich ist und kam zu dem Schluß, daß hierfür der thermodynamische Zustand des Nicht-Gleichgewichts näher zu untersuchen ist.

Im Vorangegangenen wurde herausgearbeitet, daß wir zwei Formen der biologischen Spezifität bzw. der biologischen Ordnung zu unterscheiden haben. Dies sind einmal eine relativ statische, architektonische Ordnung und zum anderen eine funktionelle Ordnung, die durch die Mechanismen gebildet wird, welche die vielen Millionen gekoppelter Reaktionen des Zellstoffwechsels koordinieren. Diese Ordnung ist wiederum durch eine Reihe von Strukturen und Funktionen gekoppelt, so daß mit wachsender Komplexität die für die biologische Ordnung so charakteristische Hierarchie entsteht (vgl. S. 320).

Diese Tatsachen sind nun für die Thermodynamik des Lebens von grundsätzlicher Bedeutung. Es läßt sich zeigen, daß die funktionelle Ordnung und damit wesentliche biologische Strukturen nicht von dem aus dem Entropiesatz abgeleiteten Ordnungsprinzip BOLTZMANNs, welches Aussagen macht über die Verteilung der Zustände der Moleküle, bestimmt werden, sondern daß hier andere Prinzipien zur Geltung kommen.

Weil das System genügend weit vom Gleichgewichtszustand entfernt ist, kann hier eine neue kooperative Struktur auftreten. Von PRIGOGINE und GLANSDORFF wird zum Verständnis der biologischen Ordnung ein neuer Begriff eingeführt, der Begriff der „dissipativen Struktur“.

Sie konnten zeigen, daß diese Struktur infolge instabiler Schwankungen des Systems um das thermodynamische Gleichgewicht entsteht.

Die konkreten Informationsübertragungssystemen gegebene Tendenz, Information bzw. negative Entropie zu verbrauchen und einem Zustand maximaler Entropie zuzustreben, führt zu

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

der Frage nach der Bedeutung dieses allgemeinen Naturgesetzes für den lebenden Organismus. Es führte zu der Erkenntnis, daß die Gewinnung von Ordnung aus der Umwelt eine entscheidende Voraussetzung jeden Lebens ist. Der Stoff- und Energiewechsel des lebenden Systems mit der Umwelt ist somit ein entscheidendes Mittel zur Sicherung der Existenz des lebenden Organismus, das verhindert, daß dieser in kurzer Zeit zu einer leblosen Materie erstarrt. Die Frage war nun, ob dies allein auch schon ausreicht, die Höherentwicklung zu erklären, oder ob der lebende Organismus auf der Grundlage einer intensiven Wechselwirkung mit der Umwelt seine eigene strukturelle Inhomogenität produziert und nicht nur aus der Umwelt importiert. Dies führt uns auch zu Fragen nach den Voraussetzungen, die der Anwendung der Entropie-Informationskonzeption zugrunde liegen. Diese Fragen sollen gestellt werden, ohne daß sie hier vollständig beantwortet werden können.

Für die Anwendung des Entropie-Begriffs im Rahmen der makroskopischen d. h. phänomenologischen Thermodynamik ist es nötig, daß man das System unterteilen kann, wobei sich jedes Teil im lokalen thermodynamischen [352] Gleichgewicht befinden muß. Das bedeutet, daß im Teilsystem (Zellen) die thermodynamischen Zustandsgrößen, z. B. Temperatur oder Druck, für jedes Teilsystem definiert sind und von einem Teilsystem zum anderen variieren können.

(Eine Zelleinteilung eines Systems ist nicht nötig, wenn man die Moleküle mit ihren Quantenzuständen betrachtet. Es wird dann die Verteilung der Moleküle auf die Quantenzustände untersucht und allgemein mit dem Dichteoperator beschrieben.)

Die Entropie ist also ein statistischer Begriff, der sich auf ein System mit einer großen Anzahl gleicher Individuen bezieht. Bei NETTER finden wir nun folgende entscheidende Bemerkung: „Die statistische Auffassung kennzeichnet das Wesen der Entropie. Sie gibt ihm aber auch gleichzeitig seine Grenzen. Sie liegen dort, wo die Statistik versagt: im Gebiet kleiner Zahlen der beteiligten Moleküle. Hier kommen die stets vorhandenen Überschreitungen in der unerwarteten Richtung in wachsendem Prozentsatz zur Geltung. Der Entropiewert verliert an Genauigkeit und für das Einzelmolekül seinen Sinn.“ (**112**, S. 409 f.)

Es wurde im Vorangegangenen wiederholt hervorgehoben, daß neben dem Merkmal der außerordentlichen Integration der verschiedenen Strukturniveaus und den besonderen Ganzheitsbeziehungen für das hochkomplexe System insbesondere die ausgeprägte Inhomogenität und Differenziertheit der Elemente charakteristisch sind. Diese Eigenschaften gaben die Möglichkeit, daß sich im lebenden System gewöhnlich einzelne molekulare Veränderungen nicht im statistischen Mittel ausgleichen. Typisch ist hier im Gegenteil, daß einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden können. Daraus ersehen wir, daß hohe Komplexität und molekulare Individualität wahrscheinlich keine zufällige Eigenschaft des Lebenden, sondern eine Notwendigkeit sind, die biologische Formen des Verhaltens schaffen, wodurch erst echte Höherentwicklung und Differenzierung möglich werden. Wir sagten, daß die Voraussetzung für die Anwendung der Entropie der aufteilbare Raum ist. Diese Abstraktion gestattet die Lösung sehr vieler Probleme, soweit die Zahl der ins Spiel kommenden Moleküle sehr groß bleibt. Man glaubt heute aber nicht mehr, daß bei den Prozessen in der Zelle eine sehr große Zahl von Molekülen ins Spiel gebracht wird, die statistische Gesetzmäßigkeiten erlauben. Im Lebenden wird die Organisation von besonderen, sehr gut organisierten Gruppen von Atomen kontrolliert.

Es genügt schon die Umstellung einiger Atome, um eine Veränderung hervorzubringen. Eine kleine Atomgruppe, welche viel zu klein ist, exakte statistische Gesetzmäßigkeiten erkennen zu lassen (SCHRÖDINGER, **147**, S. 31), befiehlt organische Ereignisse, bestimmt wesenhafte Eigenschaften des lebenden Systems und läßt strenge biologische Gesetzmäßigkeiten in Erscheinung treten. Wir sind wieder zurückgeführt zu unserem Ausgangspunkt, dem Wirksamwerden der molekularen Organisation im Gesamtverhalten des lebenden Systems. Es

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

scheint, als ob der Organismus gerade [353] deshalb aus einer so großen Zahl einzelner Moleküle besteht, und zwar nicht aus gewöhnlichen Molekülen und Atomen der Physik und Chemie, sondern aus Makromolekülen mit ausgeprägter Individualität, weil sich der Organismus nur auf Grund dieser Inhomogenität des Systems als offenes System der strengen Anwendung der Entropie entziehen kann. *Es ist fraglich, ob der Begriff der Entropie auf eine Zelle, auf einzelne Moleküle, auf Individuen angewendet, zu biologisch relevanten Aussagen führen kann.* Die Gesetze der Thermodynamik gelten für alle Systeme, sofern sie aus genügend vielen Teilchen bestehen. Vom Standpunkt der Thermodynamik kann der Entropiebegriff also auf biologische Systeme, auf eine Zelle, angewendet werden.

Entscheidend ist aber, daß diese Entropie, abgesehen von allgemeinsten thermodynamischen Betrachtungen für Lebewesen, keine Relevanz für die eigentlichen biologischen Prozesse hat. Erst die verallgemeinerte Thermodynamik der irreversiblen Prozesse führt an biologisch wichtige Fragestellungen heran. Außerdem ist die Allgemeingültigkeit des Entropiesatzes auch für Systeme mit vielen Teilchen in Frage gestellt, wenn die Wechselwirkung der Teilchen nicht schwach ist oder eine große Reichweite hat (vgl. VOJTA, **172a**, S. 32, und PRIGOGINE, **127b**, S. 550).

Die Überlegungen zu der Frage, ob biologische Strukturen von dem Ordnungsprinzip von BOLTZMANN bestimmt werden oder ob hier andere Prinzipien zur Geltung kommen, sind heute wesentlich weitergetrieben worden.

Entsprechend unseren heutigen Kenntnissen über die physikalisch-chemischen Prozesse in Lebewesen handelt es sich bei den Wechselwirkungen im Inneren der Zelle oder zwischen mehreren Zellen im sich entwickelnden Organismus um Wechselwirkungen kurzer Reichweite. Die Natur der Kräfte im Zellinneren ist also nicht unvereinbar mit der klassischen Thermodynamik. Diese Feststellung genügt jedoch nicht zum Verständnis der biologischen Ordnung.

Ein offenes System kann (wenn die äußeren Stoff- und Energiereserven genügend groß sind, um in einem gleichen Zustand zu bleiben) einem konstanten Zustand zustreben, der kein Gleichgewichtszustand ist. Das ist ein stationärer Zustand des Nicht-Gleichgewichts.

Während also ein isoliertes System eine Gleichgewichtsstruktur annimmt, z. B. ein Kristall, nimmt ein offenes System im Fließgleichgewicht, z. B. eine Zelle, das an, was PRIGOGINE und GLANSDORFF „dissipative Strukturen“ nennen.

Diese Feststellungen führen zu der entscheidenden Aussage, daß in diesem Fall das Ordnungsprinzip von BOLTZMANN, das eine gute Beschreibung des Gleichgewichtsstadiums liefert, nicht mehr anwendbar ist. Die dissipativen Strukturen, d. h. relativ stabile Zustände in weiter Entfernung vom Gleichgewichtszustand, sind mit einem ganz anderen Ordnungsprinzip verbunden, einem Prinzip, das, wie von GLANSDORFF und PRIGOGINE hervorgehoben wird, „Ordnung durch Schwankungen“ genannt werden könnte. *Es ist eine Ordnung infolge des Ablaufs irreversibler Prozesse*. Solche Strukturen können aufgrund von verstärkten zufälligen Schwankungen in offenen Systemen ent-[354]stehen und sind experimentell auch in nicht-biologischen Systemen nachgewiesen worden.

PRIGOGINE schreibt: „Räumliche oder zeitliche dissipative Strukturen treten auf, wenn durch die Umwelt ein Nicht-Gleichgewichtszustand aufrechterhalten wird, so daß eine Verstärkung der Schwankungen möglich wird und zu makroskopischen, stärker organisierten Zuständen führt“ (**127b**).

Um das Entstehen einer dissipativen bzw. Nicht-Gleichgewichtsstruktur zu verstehen, ist es erforderlich, die Schwankungen zu berücksichtigen, die irreversible Phänomene hervorrufen. Dies

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

führt zu einer *verallgemeinerten Thermodynamik*, wie sie von PRIGOGINE und GLANSDORFF entwickelt wurde.

Fragen wir nach der Bedeutung dissipativer Strukturen in der Biologie, dann ist zu unterscheiden zwischen der Frage nach der Bedeutung dissipativer Strukturen bei der Aufrechterhaltung des Lebens und der Frage, die wir später berühren werden, welche Rolle sie bei der Entstehung des Lebens spielen.

Es besteht eine enge Beziehung zwischen den dissipativen Strukturen und den Strukturen und Funktionen, die der Aufrechterhaltung der biologischen Ordnung dienen. Es ist offensichtlich, daß das Funktionieren der Lebewesen unter Bedingungen des Nicht-Gleichgewichts stattfindet.

So läßt sich u. U. zeigen, daß sich Stoffwechselreaktionen oder Gehirnwellen als zeitlich dissipative Strukturen interpretieren lassen.

Gehen wir aus von den Ergebnissen bei der Untersuchung der Glykolyse, wie sie im Kapitel über Modellierung (vgl. S. 167 f.) dargestellt wurden, so wissen wir, daß die Konzentrationen, die an den Reaktionen teilnehmen, ungedämpfte Schwingungen ausführen. Es zeigte sich, daß man die Reaktionsmechanismen und die Eigenschaften der Enzyme dieses Systems schon so gut kannte, daß es möglich war, mathematische Modelle zur Beschreibung der Glykolyse auszuarbeiten. Das detaillierte Studium dieser Modelle zeigte, daß diese Schwingungen als in der Zeit stabile Grenzzyklen (konstante Schwingungsdauer und konstante Amplitude) interpretiert werden können, die jenseits der Instabilität eines stationären Nicht-Gleichgewichtes entstehen. In anderen Worten, die Glykolyse ist, wie PRIGOGINE deutlich werden läßt, eine zeitlich dissipative Struktur. Man kann heute eine große Anzahl weiterer ungedämpfter Schwingungen (bei Stoffwechselreaktionen, bei der Proteinsynthese) auf der Ebene der Zelle beobachten.

PRIGOGINE und GLANSDORFF konnten zeigen, daß es offene Systeme gibt, bei denen die Entropie in der Nähe eines Fließgleichgewichtes abnimmt, insbesondere dann, wenn sich in ihnen autokatalytische Reaktionen abspielen.

Da die Entropie abnimmt, ist das Fließgleichgewicht nicht stabil. Das System strebt auf Kosten seiner Umgebung einem Zustand mit geringerer Entropie, also höherer Ordnung zu. Im Gegensatz zur Thermodynamik der geschlossenen Systeme strebt also hier nicht die Entropie, sondern die Organisation einem Maximum zu.

Diese Aussagen sind von großer allgemeiner Bedeutung für die Biologie, da damit zum ersten Mal explizit gezeigt wird, daß in offenen Systemen, die [355] sich fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht befinden, *notwendigerweise* gewisse „Strukturen“ entstehen müssen, daß es also eine Tendenz von der Unordnung zur Ordnung gibt.

Dies steht nicht etwa im Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, denn dieser gilt wie gesagt für abgeschlossene Systeme, deren Entropie stets auch dann zunimmt, wenn sie Lebewesen enthalten. Dies war schon lange bekannt, aber zwischen einem „es ist nicht verboten“ und dem „es muß sein“ liegt ein wesentlicher Erkenntnisgewinn.

Während PRIGOGINE zunächst vor allem die Entstehung räumlicher Strukturen im Auge hatte, wurde von M. EIGEN die Entstehung jener geordneten biochemischen Kreisprozesse, also der funktionellen Strukturen, die das Leben auszeichnen, untersucht. Wie noch zu zeigen ist, handelt es sich hierbei um einen vielstufigen Prozeß, der zum EIGENschen Hyperzyklus führt (vgl. S. 398).

Die entscheidende Schlußfolgerung aus den Arbeiten von M. EIGEN und PRIGOGINE ist, daß die Auffassungen, daß das Leben den Gesetzen der Physik nicht entspräche oder als ein

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

mm Ergebnis der Arbeit gegen das zweite Prinzip der Thermodynamik kämpfender MAXWELLscher Dämon anzusehen sei, sich nicht bestätigen. Das Leben erweist sich als Folge der Gesetze der Physik mit einer besonderen Plastizität, Dialektik von Konstanz und Variabilität, dank seiner chemischen Zusammensetzung und den sich daraus ergebenden kinetischen Gesetzen.

Um biologische Strukturen zu verstehen, gilt es dennoch, sich wesentlich von dem Ordnungsprinzip BOLTZMANNs zu entfernen und zu berücksichtigen, wie die für das Leben charakteristischen Phänomene sich in einem vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernten Zustand abspielen.

Wenn es also auch keine feste Grenze zwischen lebender und nichtlebender Natur gibt, so würde es doch eine Schwelle zwischen Leben und Nicht-Leben geben. Wir kommen so zurück zu unserer These: Alles, was biologisch möglich ist, ist auch physikalisch-chemisch möglich, aber nicht alles, was physikalisch-chemisch möglich ist, ist biologisch möglich. Hier tritt eine zusätzliche Determination durch biologische Prinzipien und Gesetze auf, wodurch sich neue Möglichkeiten der Entwicklung eröffnen. Es gilt hier insbesondere, das für biologische Strukturen typische Ordnungsprinzip zu berücksichtigen.

Bei der Aufklärung dieses qualitativen Sprungs stehen wir heute jedoch erst am Anfang. Wir kennen bisher erst einige Etappen des Übergangs vom Nicht-Leben zum Leben, so daß vereinfachte Vorstellungen und vorschnelle Schlußfolgerungen sicherlich nicht zu rechtfertigen sind und wir hier noch eine Reihe weiterer entscheidender Ergebnisse der modernen Wissenschaft erwarten können. [356]

### 10.6. Dialektische Einheit von „Präformation“ und „Epigenese“

Seit ihrer Herausbildung bemüht sich die Entwicklungsphysiologie um eine Überwindung des Gegensatzes von Präformation und Epigenese. Experimentelle Befunde deuten auf die Berechtigung beider Thesen, jedoch in gewissen Grenzen. Die experimentellen Ergebnisse aus Regulationseiern einerseits und Mosaikeiern andererseits lassen beide Standpunkte als zwei Extreme auf einer breiten Skala von Übergängen erscheinen. Alternativfragen und Alternativantworten werden dem Lebendigen selten gerecht. Während die Vertreter der Präformationslehre die Entstehung des Lebewesens als Entfaltung eines vorgeformten Keimes auffassen, vertritt der Epigenetiker die Meinung, die Anlagen des Organismus bestehen aus einem nichtorganisierten amorphen Material, das erst im weiteren Verlauf der Entwicklung durch eine göttliche, ordnende Lebenskraft, vis essentialis, seine Gliederung, Struktur bzw. seinen Informationsgehalt bekommt. Es konnte darauf verwiesen werden, daß nicht alle Organe zur gleichen Zeit, sondern nacheinander durch „Epigenese“ entstehen. Unter dem Einfluß der romantischen Naturphilosophie wurde die *statische* Präformationslehre von der *dynamischen* Epigeneselehre abgelöst, und, wie BARGMANN richtig festgestellt hat, geriet sie hierbei „zunächst freilich in den Strudel vitalistischer, mit einem geheimnisvollen Lebensprinzip operierender Lehren ... Es bedurfte vieler Mühen der Naturforscher, die Epigeneselehre in Zwiesprache mit dem Naturobjekt wieder auf festen Boden zurückzuführen, Spekulation und Fakten voneinander zu scheiden.“ (**8**, S. 31 f.) Er fügt hinzu, daß solche historischen Rückblicke nicht unwesentlich sind, „nicht aus Freude am heute naiv-kurios Erscheinenden“ getan werden, sondern weil es sich sehr bald zeigt, daß auch die moderne Entwicklungsphysiologie sich mit den Begriffen „Evolution“ und „Epigenese“ auseinanderzusetzen hat. (**164a**) So hebt COMMONER hervor, daß der Konflikt zwischen den Prinzipien der Biologie und denen der Physik sich gegenwärtig wohl am stärksten in dem Widerspruch äußern würde, der zwischen den grundlegenden physikochemischen Schlußfolgerungen bezüglich der Eigenschaften der DNS und einigen biologischen Konzeptionen der Entwicklung (Epigenese, als ein der lebenden Materie eigener Prozeß) zu bestehen scheint.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Das Hauptproblem, welches der ganzen Erforschung der Entwicklungsprozesse zugrunde liegt, besteht in der Tat in der Klärung der Frage, auf welche Weise die Vielfalt der spezifischen Merkmale, die durch den Organismus vererbt werden, aus einem in höchster Stufe undifferenzierten Vorläufer, dem befruchteten Ei, entstehen. Die Embryologie entstand im Ringen um die Klärung der tiefen Widersprüche in dieser bemerkenswerten Erscheinung. Es geht darum, die widersprüchlichen Seiten dieses komplizierten Entwicklungsgeschehens, ihren wechselseitigen Übergang und die Veränderung der Bedingungen im Zuge der Entwicklung zu erfassen. Erst dann haben wir die wirkliche Entwicklung in ihrer Widersprüchlichkeit erfaßt und die falsche Auffassung von der Entwicklung, von der LENIN spricht, überwunden.

[357] „Mit dem ‚Entwicklungsprinzip'", schreibt LENIN, „sind im 20. Jahrhundert (ja auch am Ende des 19. Jahrhunderts) ‚alle einverstanden'. – Ja, aber dieses oberflächliche, nicht durchdachte, zufällige philisterhafte ‚Einverständnis' ist ein Einverständnis *solcher* Art, daß dadurch die Wahrheit erstickt und fade gemacht wird. – Wenn sich alles entwickelt, dann geht alles ineinander über, denn die Entwicklung ist bekanntlich kein einfaches, *allgemeines* und ewiges *Wachsen*, *Vermehren* (resp. Verringern) etc. – Ist dem einmal so, dann muß man, erstens, die Evolution *genauer* auffassen als Entstehen und Vergehen von allem, als wechselseitiges Ineinanderübergehen." (**94**, S. 190.)

An anderer Stelle wird es noch deutlicher, wie die durch LENIN charakterisierten beiden Entwicklungskonzeptionen der hier vorgenommenen Unterscheidung zwischen einerseits präformistischer Entwicklung und andererseits einer Konzeption, in der Präformation und Epigenese zu einer dialektischen Einheit verschmelzen, entsprechen. LENIN charakterisiert die dialektische Entwicklungskonzeption wie folgt: Sie „liefert den Schlüssel zum Verständnis der ‚Selbstbewegung' ... zum Verständnis der ‚Sprünge', der ‚Unterbrechung der Kontinuität', der ‚Verwandlung in das Gegenteil', der Vernichtung des Alten und der Entstehung des Neuen." (**94**, S. 286.)

Es tritt die Frage auf, wie die beiden Alternativen, entweder ontogenetische Entwicklung auf der Grundlage einer Informationstransformation oder ontogenetische Entwicklung, in deren Verlauf sich der Informationsgehalt des Organismus zum Teil erst herausbildet, dialektisch vereinigt werden können. Für die zweiwertige formale Logik gilt entweder „A" oder „nicht A"; nach dem Gesetz vom ausgeschlossenen Dritten kann es etwas anderes – ein Drittes – nicht geben. Der Fortschritt der Wissenschaften läßt immer deutlicher die Dialektik unserer Erkenntnis hervortreten, er zeigt, daß es in Wirklichkeit ein „Drittes" gibt, ein „Drittes" als die Einheit der Gegensätze. Es ist eines der wichtigsten Verdienste HEGELs, dieses Zusammenfallen der Gegensätze herausgearbeitet zu haben. Die These von der Einheit und dem Kampf der Gegensätze wurde in der materialistischen Umstülpung des Hegelschen Denkens – in der revolutionären Praxis der Philosophie – zum Kernpunkt der Dialektik.

Es scheint zumindest zweifelhaft, ob die ontogenetische Entwicklung in den Begriffen einer einfachen „Doppeldetermination" (Erbanlagen einerseits, Umwelt andererseits) erfaßt werden kann. Diese Auffassung ist allerdings gegenwärtig wohl die verbreitetste. Wenn wir in diesem Sinne eine Doppeldetermination annehmen, einerseits ein Informationsstrom von den Erbanlagen, andererseits ein Informationsstrom aus der Umwelt, kommt die zusätzliche Information allein aus der Umwelt. Dann hätten wir es bei der Ontogenese entweder nur mit einem System, ähnlich einem Automaten mit variablem Programm zu tun, der auf Grund von Informationen aus der Außenwelt den einen oder den anderen Programmweg abarbeitet (ein elektives [(aus)wählendes] System), oder wir hätten es in einer Erweiterung mit einem System zu tun, welches mit einem lernenden Automaten vergleichbar ist, vgl. Abschnitt 5.2. und 5.3. Darüber schreibt WIESER: „Überlegen wir uns, was diese gegenseitige Durchdringung des deterministischen und des indeterministischen Prinzips für den Konstrukteur eines Systems bedeutet, so wissen wir nun, daß in einer Maschine mit indeterminiertem Wahlmechanismus – per definitionem [erklärtermaßen] – nicht alle Reaktionen geplant sein können. Der Konstrukteur baut also in die Maschine nur die fundamentalen Ordnungs-[358]prinzipien hinein, während sich die je und je verschiedenen Reaktionen aus den allgemeinen Prinzipien als Antworten auf ganz spezifische Umweltsituationen – und ohne weiteres Hinzutun des Konstrukteurs – entfalten (s. hierzu TURING, 1950). Was lebendige Systeme betrifft, so besteht eine ähnliche Beziehung zwischen dem Genotypus der sich entwickelnden Eizelle und den Reaktionen des fertigen Organismus. Im Genapparat müssen schon die wichtigsten Funktionsregeln des Organismus vorgegeben – präformiert – sein, aber wie sich der Organismus in jeder Situation im einzelnen verhalten wird, das läßt sich aus diesen Funktionsregeln nicht einfach ableiten, sondern das entsteht von Fall zu Fall neu aus der Begegnung zwischen Organismus und Umwelt. In dieser

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Anschauung verschmilzt die alte Antithese: Präformation oder Epigenese? zu einer neuen Einheit.“ (**186**, S. 87.) Hier werden wichtige Hinweise zur Einheit beider gegeben. Ob damit die Dialektik von Präformation und Epigenese in ihrer vollen Tiefe erfaßt wird, muß jedoch noch genauer untersucht werden.

„Die Dialektik überhaupt“, schreibt LENIN, „besteht in der Verneinung der ersten These, in ihrer Ablösung durch die *zweite* (im Übergang der ersten in die zweite, in der Aufzeigung des Zusammenhanges zwischen der ersten und der zweiten etc.) ...“ (**94**, S. 150.) Die erste These wurde verneint und durch die zweite abgelöst. Verharren wir in den Antinomien, wird der Zusammenhang zwischen 1. und 2. These nicht aufgezeigt, so erweist es sich sehr bald, daß auch die 2. These allein keine richtige Orientierung für die biologische Forschung geben kann, besonders, wenn man nur sie als das eigentlich Biologische ansieht, wie z. B. PORTMANN (**127a**) und auch ELSASSER es tun, die zur Überbewertung der epigenetischen Auffassung neigen.

Im Lebenden ist sicher sehr viel präformiert; wäre dies nicht der Fall, so müßte man mit sehr viel mehr Mißgeburten rechnen. Bis spät ins 18. Jahrhundert, so auch von LEIBNIZ, wurde die Keimesentwicklung als Entfaltung einer unsichtbar vorgebildeten Struktur verstanden. Die Frage ist jedoch, ob alles präformiert ist. Dagegen konnten gewichtige Einwände gemacht werden. Die neuere Zeit wandelte diese Vorstellung radikal zur Einsicht in eine wirkliche Neubildung aus einem unsichtbar strukturierten Keim mit besonderen Bildungskräften. Nicht die Merkmale als solche und die funktionellen Fähigkeiten als solche werden an die Nachkommen vererbt, sondern die Anlagen für deren Ausbildung. *Die Realisierung der Merkmale erfolgt unter dem Einfluß der inneren und äußeren Umwelt*, aus den Wechselbeziehungen und Widersprüchen zwischen Kern und Plasma, den Eiweiß-Nukleinsäure-Wechselwirkungen, den Wechselbeziehungen zwischen DNS und RNS und letztlich zwischen den verschiedenen DNS und ihren Abschnitten selbst. Die Entwicklungsphysiologie der letzten Jahrzehnte hat mit Erfolg begonnen, genauer abzugrenzen, was in der Ontogenese Neubildung von Form ist und was Entfaltung von unsichtbaren, in der Eizelle enthaltenen Grundstrukturen. Die Erkenntnis der Selbstentfaltung, des sich selbst Schaffens ist ein mächtiger Impuls in unserem Denken geworden, der unabdingbar zum dialektischen Denken zwingt. Die alleinige Betrachtung der Selbstdifferenzierung jedoch, wie sie z. B. von PORTMANN vertreten wird, führt dahin, daß alle anderen Seiten des Geschehens unberücksichtigt bleiben.

Wie LEY deutlich macht, interessiert PORTMANN „z. B. weder, wie die Bedeutung der DNS zu erklären ist, noch ihre Veränderungen, die im Laufe der Entwicklungsprozesse zu verschiedenen Arten geführt haben. Die Materialität der DNS hat ihre Entsprechung in der Realität der materialistisch aufgefaßten prospektiven Potenz. Bestimmte Möglichkeiten haben entsprechende Voraussetzungen ... Wie in den erwähnten Fällen wird der Zustand des Untersuchungsobjektes aus jedem, ihm spezifischen Zusammenhang herausgenommen. Die historische Beziehung auf Vergangenheit und Zukunft fällt weg. Die unmittelbare Berührung jedes Entwicklungsmoments mit der Umwelt entfällt ebenso. [359] PORTMANN sucht die vorhandenen experimentellen Ergebnisse auf Selbstdifferenzierung einzuengen.“ (**97**, S. 1228.)

Will man diesen gesamten Beziehungskomplex berücksichtigen, so muß man sich zunächst ein Untersuchungsobjekt suchen, welches diese für die Entwicklung wesentlichen und entscheidenden Beziehungen in möglichst klarer und übersichtlicher Form zutage treten läßt. RAPOPORT macht mehrfach darauf aufmerksam, daß die Erkenntnis spezieller Vorgänge bei den roten Blutkörperchen ein Modell für die Reifungs- und Differenzierungsvorgänge auch anderer Zellen ist (**130**, S. 96 f.). Es zeigt sich bei den konkreten Untersuchungen, daß die von uns im Vorangegangenen besprochenen Vorgänge der Enzym-Induktion und -Repression „eine offensichtliche Verwandtschaft mit Differenzierungsvorgängen aufweisen ...“. (**131**, S. 485.)

Damit gewinnt die genetische Regulation spezielles Interesse auch auf dem Gebiet des Wachstums und der Entwicklung. Und die neue Konzeption, die aus dem Studium an Mikroorganismen gewonnen wurde, mag sich als wertvoll erweisen: „Ein Gesichtspunkt scheint schon klar zu sein“, schreiben MONOD und JACOB, „nämlich, daß biochemische Differenzierung (reversibel oder nicht) von Zellen, die das gleiche Genom tragen, kein Paradox mehr darstelle, wie es für viele Jahre dem Embryologen und dem Genetiker erschien.“ (**107**, S. 397.)

Dann diskutieren die Autoren eine Reihe von Modellen des vielfältigen Zusammenwirkens von verschiedenen Induktionen und Repressionen sowie feedback inhibitions. Sie zeigen, daß sich daraus sehr wohl der Differenzierungsvorgang verdeutlichen läßt. Auf der Grundlage der außerordentlichen Spezifität der Induktion und Repression sowie der feedback inhibitions, d. h. der allosterischen Effekte, ist eine Signalübermittlung möglich. Vor allem die allosterischen Effekte geben die Möglichkeit mit Hilfe von Signalen auch Verbindungen mit entfernter liegenden Zyklen herzustellen.

Auf diese Weise entsteht ein kompliziertes Netz wechselseitiger Hemmung und Aktivierung, das jede Art von Differenzierung erlaubt.

Das hier aufgezeigte Zusammenspiel von Induktoren und Repressoren „zeigt Berührungspunkte und Ähnlichkeiten mit den Verhältnissen, die bei der Differenzierung des roten Blutkörperchens“ vorgefunden wurden (RAPOPORT, **131**, S. 485). JACOB und MONOD weisen darauf hin, daß es sehr schwer sei, ihre theoretischen Modelle mit experimentellen Ergebnissen zu belegen, da, wie sie hervorheben, es sich hier um eines der schwierigsten Probleme handelt, vor denen die Biologie heute steht. RAPOPORT und Mitarbeitern gelang es jedoch, aus der Analyse der Differenzierung beim Reifungsprozeß der roten Blutkörperchen eine Reihe von Schlußfolgerungen zu ziehen, die in bezug auf Differenzierungsvorgänge Allgemeingültigkeit beanspruchen können. Vor allem fanden sie Antwort auf die entscheidende Frage nach der Ursache, die dem Erlöschen der Atmung bei

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Übergang des Retikulozyten zum Erythrozyten zugrunde liegt. Jüngste Untersuchungen ließen einen spezifischen Hemmstoff, den sogenannten RÜ-Hemmstoff der Mitochondrienatmung, erkennen. Dieser Hemmstoff, der Eiweißnatur besitzt und selbst wieder Faktoren unterliegt, die seine Wirkung hemmen, greift an entscheidenden Stellen der Atmungskette an und bringt sie so zum Stillstand. Damit war auch Antwort auf die Frage gegeben: „Ist es ein Absterben der Atmungsenzyme, das von sich aus ohne Hinzutreten weiterer Faktoren erfolgt, oder ist ein gesetzmäßiger Einfluß wirksam?“ (**132**, S. 131.)
Das ist auch die hier diskutierte Fragestellung, nur in bezug auf die rückläufige Entwicklung bei roten Blutzellen. Der Nachweis intrazellulärer Inhibitoren, die selbst Eiweiße darstellen, zeigt deutlich eine spezifische, gesetzmäßige Einflußnahme. „Ihr Nachweis“, schreibt RAPOPORT, „erfüllte das Postulat, das auf Grund der Geschwindigkeit und Selektivität der Differenzierungsvorgänge bei roten Blutkörperchen aufgestellt war, *und lieferte einen Mechanismus für die aktiven Vorgänge des ‚Absterbens‘ von Enzymen, für den allgemeine* [360] *Gültigkeit beansprucht werden darf*. Eiweißinhibitoren mögen über den dargestellten Differenzierungsvorgang hinaus auch für die Prozesse der Repression von Enzymen von Bedeutung sein.“ (**131**, S. 479; hervorgehoben von F.-K.) Das Problem der Differentiation und Entwicklung ist also auf der Ebene der Genetik und der Biochemie durchaus einer rationellen und experimentellen Analyse zugänglich. Eine Philosophie, welche nach Ablehnung der Präformation in das andere Extrem fällt, wäre außerstande, gerade auf diese Forschung zu orientieren. Wir verweisen hier auf die angeführte Auseinandersetzung von LEY mit der philosophischen Konzeption PORTMANNs (**97**, S. 1228). Ein Verständnis der Entwicklung verlangt als Minimum ein volles Verständnis der genetischen Regulation und der Wechselwirkung zwischen Kern und Zytoplasma, Vererbung und Entwicklung, wie auch die Analyse der Differenzierung kernloser Zellen, ein Forschungsgebiet mit sehr großen Möglichkeiten, auf dem in Zukunft wahrscheinlich noch die Entdeckung einer Reihe biologischer Gesetzmäßigkeiten zu erwarten ist.
RAPOPORT (**131**, S. 485) schreibt, seine Forschungsergebnisse zusammenfassend: „Zweifellos muß die Differenzierung Ausdruck genetischer Informationen sein, die sowohl chromosomalen als auch extrachromosomalen Charakter tragen. Andererseits ist es nachgewiesen, daß zytoplasmatische Differenzierungsvorgänge auf den Zellkern einen Einfluß ausüben. Demnach ist es wahrscheinlich, daß auch hier eine dialektische Einheit von nukleären und epinukleären, genetischen und paragenetischen Vorgängen, in denen Kern und Zytoplasma aufeinander wirken, vorliegt.“

Zu den glanzvollsten Leistungen der modernen Wissenschaft gehören die teilweise Entschlüsselung des genetischen Codes und die Aufklärung seiner allgemeinen Eigenschaften. Die molekularbiologische und biochemische Forschung hat hier, wie bei der Erforschung der Regulationsmechanismen des Zellstoffwechsels, zumindest gedanklich starke Impulse durch die Kybernetik empfangen. Es läßt sich u. a. zeigen, daß die Transkription-Translation DNS – RNS – Protein einer Nachrichtenübermittlung durch Übertragungskanäle vergleichbar ist. Ausgehend von dieser Tatsache, schreibt LJAPUNOW: „Im Prozeß der individuellen Entwicklung des Organismus bedingen die Gene die makroskopischen Merkmale des ganzen Organismus. Hierbei findet eine Umcodierung der Erbinformation aus einer Form in eine andere statt. Anfangs sind die Träger des Codes einzelne Moleküle, am Ende sind seine Träger makroskopische Eigenschaften des Organismus.“ (**99**, S. 20.)

Wir wissen aus den Ergebnissen der molekularbiologischen und biochemischen Forschung, daß an den Abschnitten der DNS, den Operons, die verschiedenen Boten-RNS gebildet werden. Diese treten aus dem Kern in das Zytoplasma und werden an die Ribosomen gebunden. Die Überträger-RNS mit der aktivierten Aminosäure verbindet sich mit der Boten-RNS, und die Aminosäuren werden zu einer Peptidkette verknüpft. Nur die Boten-RNS bestimmt die Spezifität des Eiweißes, d. h., für jedes Eiweiß existiert eine Boten-RNS. Die Übermittlung ist frei von Störungen (Rauschen), so daß eine verlustlose Informationsübermittlung angenommen werden kann. Zwar sind gleichzeitig die Eiweiße als Enzyme an der DNS- und RNS-Synthese beteiligt; es konnte bisher jedoch noch nicht nachgewiesen werden, daß auf diesem Wege eine Änderung der Information in der DNS hervorgerufen werden kann. Wenn dies nach früheren Arbeiten von COMMONER auch nicht voll-[361]ständig ausgeschlossen werden sollte, heißt doch das entscheidende Ergebnis: Alle Einwirkungen der Umwelt führten nach bisherigen Beobachtungen zu einer Ingangsetzung genetisch schon vorgebildeter Stoffwechselketten infolge der Beseitigung eines Repressors durch einen Induktor. Es besteht demzufolge eine Eins-zu-eins-Übereinstimmung zwischen Gensystem und Enzymsystem, ein Isomorphismus. Daraus ergibt sich, daß hinsichtlich der genetischen Information nur bereits

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Vorgebildetes realisiert wird, daß alles prädeterminiert bzw. präformiert ist und nichts wirklich Neues geschieht. Kein Raum ist für Informationsvermehrung und echte Entwicklung gegeben, sondern es geschieht allein eine Informationstransformation.

Mit Hilfe des Prinzips der Transformierbarkeit der Information und des Isomorphismus läßt sich, wie schon angedeutet, der Standpunkt der Präformisten modernisieren. Diese brauchen keinen Homunkulus in der Keimzelle mehr anzunehmen, sondern müßten nur nachweisen können, daß eine isomorphe Repräsentation des Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus in der strukturellen Organisation der organischen Makromoleküle in der Struktur der DNS existiert. Mit Hilfe der Informationstheorie ist es möglich, zum einen die Informationsmenge der Zygote, zum anderen die Informationsmenge des erwachsenen Organismus und die Menge an Information, die im Laufe der Entwicklung durch äußere Einflüsse in den Organismus eintritt, quantitativ abzuschätzen. Geleitet von der oben charakterisierten Konzeption, besteht nun in der Tat für eine Reihe von Informationstheoretikern eine wesentliche Frage darin, wie man mit Hilfe des Genotypenkataloges den Informationsgehalt des erwachsenen Organismus von $5 \cdot 10^{25}$ bit auf den Informationsgehalt der Chromosomen in der Zygote des Menschen von $10^{11}$ bit reduzieren kann.[1] Wie schon an anderer Stelle deutlich gemacht wurde (vgl. S. 86), kann die Frage des Informationszuwachses nicht durch Vergleich von Anfangs- und Endzustand gelöst werden.

Das bedeutet m. E. jedoch nicht, daß überhaupt kein Raum für Informationsvermehrung und echte Entwicklung im Verlaufe der Ontogenese gegeben ist und allein eine Informationstransformation stattfindet.

Bei der Entwicklung des Organismus vermehrt sich die Information, aber nicht die genetische Information, die auf die einzelne Zelle entfällt. So verstehen wir auch die Gedanken J. MONODs zu diesem Thema. Sie führen insofern über die Überlegungen von RAVEN u. a. (vgl. **134c**) hinaus, als hier eben nicht nur von genetischer Information gesprochen wird.

J. MONOD geht in seinem Buch „Zufall und Notwendigkeit“ ebenfalls auf die hier diskutierte Problematik ein und schreibt in dem Kapitel „Molekulare Ontogenese“: „Die Informationsmenge, die zur vollständigen Bestimmung der dreidimensionalen Struktur eines Proteins nötig wäre, ist jedoch – und darauf kommt es entscheidend an – *sehr viel größer* als die Informationsmenge, die man benötigt, um die Sequenz festzulegen ...

[362] Man kann einen Widerspruch darin erblicken, daß einerseits das Gen die Funktion eines Proteins ‚vollständig bestimmt‘, während diese Funktion andererseits an eine dreidimensionale Struktur gebunden ist, deren Informationsgehalt größer ist als der Betrag, den die genetische Determination direkt zur Bestimmung dieser Struktur beiträgt. Es war unvermeidlich, daß einige Kritiker der modernen biologischen Theorie diesen Widerspruch herauskehrten – vor allem ELSASSER, der gerade in der epigenetischen Entwicklung der (makroskopischen) Strukturen der Lebewesen ein Phänomen erblickt, das physikalisch nicht erklärbar ist, weil es eine ‚Bereicherung ohne Ursache‘ zu bezeugen scheint.

Dieser Einwand entfällt, wenn man die Mechanismen der molekularen Epigenese im Detail untersucht: Die Informationsbereicherung, wie sie der Bildung der dreidimensionalen Struktur entspricht, rührt daher, daß die (durch die Sequenz repräsentierte) genetische Information tatsächlich unter genau festgelegten Anfangsbedingungen zum Ausdruck kommt (in wäßriger Phase, innerhalb bestimmter enger Grenzen der Temperatur, der Ionenzusammensetzung usw.), so daß von allen möglichen Strukturen nur eine einzige realisierbar wird. So tragen die Anfangsbedingungen zu der Information bei, die schließlich in der globulären Struktur enthalten ist, ohne sie deshalb zu spezifizieren; sie eliminieren nur die anderen möglichen Struk-

[1] Diese Angaben stellen Schätzungen dar (vgl. H. QUASTLER, ed.: Information Theory in Biology. University of Illinois Press, Urbana 1952, S. 263-273). Eine Reduktion mag zum Teil durchaus möglich sein, denn während der Ontogenese ist mit einer starken Erhöhung der Redundanz zu rechnen, in den $5 \cdot 10^{25}$ sind die Replika von $10^{11}$ enthalten. Doch werden diese Zahlen hier angeführt, um auf die Problematik aufmerksam zu machen (vgl. auch S. 83).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

turen und schlagen auf diese Weise vor oder erzwingen es vielmehr, einer a priori zum Teil mehrdeutigen Botschaft eine eindeutige Interpretation zu geben.“ (**106a**, S. 118-119.)

J. MONOD macht deutlich, daß er diesen Prozeß als Modell für die epigenetische Entwicklung sieht. Er setzt die obigen Ausführungen mit den Worten fort: „Man kann also in dem Strukturierungsprozeß eines globulären Proteins gleichzeitig das mikroskopische Abbild und die Ursache der selbsttätigen epigenetischen Entwicklung des Organismus sehen.“

Den Ursprung findet also die ontogenetische Entwicklung letztlich in der genetischen Information, die in der Struktur der DNS gespeichert ist. Sie wird aber durch die Anfangsbedingungen interpretiert und gefiltert. Hier spielen zufällige Schwankungen der Bedingungen eine Rolle, Zufälligkeiten nicht nur im Sinne der Probabilistik, sondern auch Einwirkungen im Sinne des Zufalls als „Koinzidenz“ [Zusammentreffen zweier Ereignisse], die letztlich doch eindeutig determiniert sind, aber hinsichtlich der weiteren Entwicklung dieses Individuums braucht diese Unterscheidung nicht wesentlich zu sein.

Es ist jedoch anzunehmen, daß echte Probabilistik auch in den morphogenetischen Prozessen unausweichlich ist, aber dann doch nur hinsichtlich für die Existenz der Art unwesentlicher Seiten, so daß z. B. die Anordnung der Zellen verschieden ist, die Individualität, wie sie sich an den Fingerabdrücken zeigt.

Hier sei daher nochmals festgehalten: Es ist nicht berechtigt, in der Ontogenese von einer Präformation zu sprechen. Es treten Entscheidungsmomente im probabilistischen Sinne auf, die ihren Ausdruck in der Vielzahl individueller Unterschiede finden. So wird weiterhin deutlich, daß man das Indivi-[363]duum nicht erfassen kann, wenn man allein auf die DNS zurückgeht. Sowohl objektive Probabilistik als auch subjektive Zufälligkeit führt zu individuellen Unterschieden, so daß die Informationsmenge größer ist als die in der makromolekularen Struktur der DNS. Zu dieser Feststellung kann man jedoch nicht kommen, in dem man nur, wie z. B. QUASTLER und im Anschluß an ihn ELSASSER u. a., den Informationsgehalt der embryonalen Zelle abschätzt und ihn einer Abschätzung des Informationsgehaltes im erwachsenen vielzelligen Organismus gegenüberstellt. Damit ist jedoch die Ontogenese nicht nur eine reine Entfaltung, „Offenbarung“ einer vorgegebenen Mannigfaltigkeit wie umgekehrt die Phylogenese auch nicht reine Schöpfung ist, sondern jeder Entwicklungsschritt eigene Bedingungen für seine weitere Entwicklung mit erhält. Von Stufe zu Stufe werden neue Bedingungen gesetzt.

Neue genetische Information, die in der Ontogenese entsteht, kann nur über die Fortpflanzung bewahrt werden. Dabei ist man wieder bei der Phylogenese. Was an Probabilistik in der Ontogenese hinsichtlich der Erbinformation wesentlich ist, ist auch das Moment, das beide miteinander verknüpft.

Gegenüber dem Präformismus müßte eine Theorie der Epigenese (in modernisierter Form) nachweisen können, daß keine isomorphe Repräsentation des Informationsgehaltes des erwachsenen Organismus in der Organisation der organischen Makromoleküle der Zygote vorliegt, daß kein Operator F gegeben ist, der die isomorphe Abbildung von X auf Y beschreibt.

Eine Theorie der dialektischen Einheit von Präformation und Epigenese müßte annehmen, daß höchstwahrscheinlich nur ein Homomorphismus vorliegt, daß es sich bei den Beziehungen zwischen Keimzelle (K) und Organismus (O) um eine ein-mehrdeutige relationstreue Abbildung von K auf O, oder auch aus K in O handelt (vgl. S. 81). Es ist sogar, wie schon gesagt, möglich, daß hier auch ein allgemeiner Homomorphismus, eine mehrdeutige Abbildung aus K in O, vorliegen könnte.

Echte Entwicklung ist Produktion von Mannigfaltigkeit und nicht nur Metamorphose unsichtbarer Mannigfaltigkeit in sichtbare, nicht nur Transformation präexistierender Informa-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

tionen, sondern der Informationsgehalt bildet sich z. T. erst während der ontogenetischen Entwicklung aus. Wo kommt aber die zusätzliche Information her? Zunächst aus der Umwelt, wie wir sagen. Aber genügt diese Vorstellung? Die Erkenntnisse der Molekularbiologie über den komplizierten Mechanismus der Informationsübermittlung von der DNS als Matrize über die RNS zu den Proteinen werden heute wohl nicht mehr angezweifelt. *Damit ist auch die Annahme der Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese, eines Isomorphismus bzw. einer Eins-zu-eins-Übereinstimmung zwischen Gensystem und Enzymsystem, weitgehend gerechtfertigt. Das bedeutet, daß der* (*allgemeine*) *Homomorphismus, wie ihn die Theorie der dialektischen Einheit von Präformation und Epigenese voraussetzen müßte, erst in der Dynamik der Zelle, in den Wechselbeziehungen der Enzymsysteme mit weiteren morphologischen Strukturen des Organismus, in Erscheinung tritt.*

[364] Man muß sich deutlich machen, daß, wenn von der Embryonalentwicklung höherer Organismen gesprochen wird, es nicht mehr einfach um die Koordination einzelner Reaktionen in einem bestimmten Stoffwechselnetz geht, sondern, wie OPARIN sagt, „um die Ordnung der Änderung dieser Ordnung, sozusagen eine Ordnung zweiter Ordnung, um die peinlich konstante Reihenfolge der notwendigen Verschiebungen im Stoffwechsel, jener Verschiebungen, die der Differenzierung der Zellen des sich entwickelnden Embryos zugrunde liegen“ (**117**, S. 158).

Die Kenntnis von den Regulatorgenen gewann man aus Experimenten mit Bakterien. Wenn wir auch die hohe Komplexität der Bakterienzelle gegenüber den Automaten hervorheben, so ist sie doch strukturell einfacher als die Zelle höherer Organismen. Es kann daher angenommen werden, daß auch die Regulationssysteme hier wesentlich komplizierter sind, so daß die Regulatorgene möglicherweise in Kaskadenform angeordnet sind und die Aktivität des Regulators 1 die Aktivität des Regulators 2 und diese wiederum die Aktivität des Regulators 3 kontrolliert und daß sich erst am Ende einer derartigen Kaskade ein Strukturgen befindet. Es geht hier nicht mehr nur um die Aufrechterhaltung eines bestimmten Stoffwechselnetzes, sondern um die Entwicklung der Zellen höherer Organismen, was nicht mehr einfach in Begriffen des Ein- und Ausschaltens von Genen verstanden werden kann. Es handelt sich hier nicht mehr um einzelne Enzyme, sondern um die Differenzierung der Zellen des sich entwickelnden Embryos, d. h. um die Ausbildung verschiedener Typen von Zellen, wobei jeder Typ von speziell definierter Eigenart ist: Nervenzellen, Muskelzellen, Leberzellen usw. Jede dieser Zellen ist charakterisiert durch die für sie notwendigen Gruppierungen von Proteinen, die Muskelzelle z. B. durch Myosin und Aktin. Das bedeutet, daß der Differenzierung der zunächst einheitlichen Eizelle grundlegende Veränderungen im Stoffwechsel vorangehen müssen. Die Regulationssysteme der embryonalen Entwicklung haben also nicht nur die Aufgabe, die Aktivität des einzelnen Strukturgens zu kontrollieren, sondern vor allem diese Veränderungen des Stoffwechsels, die in ihrer Gesamtheit gewöhnlich als Determination bezeichnet werden.

In Anlehnung an die von JACOB und MONOD entwickelten Vorstellungen über die Regulatorgene wird angenommen, daß diese mit einem Effektor in Wechselwirkung treten, der von außen kommt oder sich schon vorher in anderen Gebieten des Eies befunden hatte. Jetzt wird jedoch wahrscheinlich nicht nur ein Gen, sondern eine ganze Batterie von Genen eingeschaltet, die z. B. für die Muskelzellenentwicklung verantwortlich ist. Eine solche Batterie von Genen nennt WADDINGTON (**173**) „Creode“. Der weiteren Forschung wird es vorbehalten sein, die Natur der „Creode“, die Regulatorgen-Substanzen sowie die verschiedenen Effektoren aufzudecken.

Als Beispiel für die Selbstorganisation in der Ontogenese sei hier nochmals auf die Immunreaktionen hingewiesen, die, wie wir deutlich zu machen suchten, wahrscheinlich einen selektiven Lernprozeß zur Grundlage haben.

Vor allem wurden wir zu diesen Schlußfolgerungen gezwungen durch die großen Anforderungen, die der Mechanismus der Antikörperbildung an ein Proteinbildungssystem stellt. Er verlangt, daß das Synthesesystem auf eine außerordentlich breite Skala fremder makromolekularer Substanzen zu reagieren vermag. Es ist nun die Frage, ob die Anforderungen bei der embryonalen Entwicklung nicht ebenfalls sehr hoch sind, ob nicht die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Immunreaktionen, der Nachweis ihrer selektiven Natur (JERNE, **163b**) und damit das Verständnis eines molekularen Mechanismus, eines Spezialfalls der Differenzierung, von genereller Bedeutung für das Verständnis der molekularen Grundlagen der Differenzierung bei höheren [365] Organismen ist. Zumindest wird deutlich, daß auch in der Embryologie keine „neue Physik“ und auch keine „rein“ biotonischen Gesetzmäßigkeiten zu erwarten sind, daß wohl aber Prozesse der Selbstorganisation in der Ontogenese beachtet werden sollten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Welcher Mechanismus bestimmt so genau den Anfang und das Ende des Wachstums? Wie koordiniert der Organismus in Raum und Zeit die verschiedenen Entwicklungsetappen? Wie ist die Differenzierung in den Zellen, Geweben und Organen, die sehr exakt auszuführende aber unterschiedliche Funktionen haben, zu verstehen? Dies sind die brennenden Fragen der modernen Biologie bei der Untersuchung der Entwicklungsmechanismen.

Seit dem vorigen Jahrhundert beschäftigt sich die Entwicklungsphysiologie mit der Untersuchung von Differenzierungsvorgängen, aber erst in den letzten Jahren konnte sie bis zu den molekularen Mechanismen, der Determination und der Differenzierung vordringen.

Auf der Grundlage der Erkenntnisse der Molekularbiologie kann heute die These vertreten werden, *daß die Wechselwirkungen von Proteinen mit Nukleinsäuren die Replikation, Transkription und Translation des genetischen Materials regulieren und als Schlüsselprozesse für Vermehrung, Wachstum, Differenzierung und Altern komplexer Systeme anzusehen sind* (vgl. **137b**). Einer der am besten untersuchten komplexen biologischen Prozesse ist die Entwicklung (Differenzierung und Reifung) der roten Blutzellen (vgl. RAPOPORT, **132**).

Der Differenzierungsprozeß einer spezifischen Zellgruppe in jedem Stadium der ontogenetischen Entwicklung verläuft wahrscheinlich nach den gleichen Prinzipien. Ein Induktor wirkt direkt oder indirekt auf eine noch zu Teilung und Differenzierung befähigte Zelle und führt zur Auslösung einer begrenzten Anzahl für die Zelle typischer Proteine und zur Unterdrükkung der Synthese anderer Proteine. Damit ist auch eine begrenzte Vermehrung der Zellen verbunden. Die neuen Zellen haben einerseits ein von anderen Zellen unterschiedenes Proteinmuster und dementsprechend spezifische Funktionen, andererseits jedoch eine Grundausstattung von funktionell gleichartigen Proteinen.

Für alle Differenzierungs- und Reifungsprozesse tierischer Zellen ist eine Dissoziation zwischen RNS-Synthese und Auftreten der für die jeweilige Zellgruppe typischen Proteine charakteristisch. Sie sind Ausdruck einer zusätzlichen, nach der RNS-Synthese eingreifenden Regulation. Es liegt eine Kaskade von Protein- und Enzyminduktionen vor.

Ähnliche Probleme treten wieder auf, wenn man die Kommunikations- und Assoziierungsmechanismen zwischen den Zellen verstehen will. Beim Fehlen interzellulärer Verbindungen würde sich der höhere Organismus in Einzelzellen auflösen und sich nicht mehr von den Formen einzelligen Lebens unterscheiden. Über die Art und Weise, wie einige Millionen oder Milliarden von Zellen miteinander in Kommunikation treten, um eine Struktur wie zum Beispiel das Zentralnervensystem zu bilden, ist heute noch sehr wenig bekannt.

[366] Es ist eine der entscheidenden Aufgaben der modernen Biologie von heute und morgen, Antwort auf die Frage zu finden, wie sich Zellen selbst zu erkennbaren Strukturen, wie einem Muskel oder einem Blatt organisieren. Die Antwort kann wahrscheinlich nicht allein aus der Untersuchung der Informationsspeicherung in der DNS und der Transformation der genetischen Information in spezifische Instruktionen zur Realisierung der zellulären Funktionen gewonnen werden. Hier sei nur verwiesen auf die gegenwärtig sehr intensive Diskussion über Musterbildung. Sie unterstreicht die hier vertretene These, daß es realistischer ist anzunehmen, daß die genetische Information in einem Ei die Regeln für die Konstruktion des erwachsenen Organismus festlegt, aber in ihr nicht eine vollständige Beschreibung (isomorphe Abbildung) des erwachsenen Organismus enthalten ist.

Wenn individuelle Gene oder Genkombinationen für jede Nuance des Musters oder der Form verantwortlich sein würden, wäre dies, wie u. a. P. LAWRENCE deutlich macht, ein zu hoher Aufwand, zu „kostspielig“ für den Organismus.

Den Entwicklungsbiologen muß es also um die Aufdeckung dieser einfachen Regeln gehen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Der dabei gegenwärtig stark diskutierte Gedanke ist, daß die Zelle durch ihre *Position* „weiß“, was sie tun soll. Die Differenzierung einer Zelle zu einer Muskelzelle würde dann im zuvor geschilderten Sinne durch die Induktion und Repression ihrer genetischen Information determiniert, aber die Organisation mit ihren Nachbarzellen zu einem Muskel wird demnach wahrscheinlich durch einen allgemeineren Mechanismus, gegeben durch relevante Positionsinformationen, bestimmt.

Eine Gruppe von Zellen, die solche Positionsinformationen erhält (positionelles Feld), würde eine Entwicklungseinheit darstellen, die z. B. einen Arm hervorbringt.

Es gibt heute eine Reihe experimenteller Beobachtungen, die auf die mögliche Existenz solcher positioneller Felder hinweisen, wenn auch noch keine Kenntnis über einen solchen Mechanismus, über ein Positionssignal vorliegt.

Wichtig für unsere Diskussion ist jedoch, da die Möglichkeit weiterer informationeller Prozesse (über die genetische Information hinaus) in Betracht gezogen wird, daß sich damit auch das Problem der Selbstorganisation in der Ontogenese stellt.

Bedeutsam für die hier auftretenden Probleme ist sicher die Untersuchung einer durch die Molekularbiologie in ihrer Bedeutung erst richtig erkannten Organisationsstufe zwischen Zellen und Organen, der Zellklone. Hier handelt es sich um eine Gruppe von Zellen, die durch im Zellverband produzierte Faktoren während der frühen embryonalen Differenzierung, die mit der ersten Zellteilung der Zygote beginnt, geprägt werden.

Für die Erforschung der Kommunikation zwischen den Zellen zur Bildung von Strukturen kann die Tatsache genutzt werden, daß sich gewisse einzellige Organismen während ihres Lebens zu Kolonien zusammenschließen, in denen [367] man primitive Differenzierungen zwischen den Zellen beobachten kann, so z. B. bei einer Amöbenfamilie, den Akrasalien.

Dieser Prozeß der Vereinigung der Amöben zu einem mehrzelligen Körper wird durch eine chemische Substanz vermittelt (Akrasin, ein zyklisches Adenosinmonophosphat), die von den Zellen abgesondert wird.

Wir haben immer wieder deutlich zu machen versucht, daß der Prozeß der Selbstorganisation, der Informationsvermehrung verbunden ist mit bestimmten thermodynamischen Voraussetzungen. Daher ist es besonders wichtig, daß KELLER und SEGAL zeigen konnten, daß der Beginn der Aggregation dieser einzelnen Amöben als Instabilität der gleichmäßigen Verteilung von Einzelzellen interpretiert werden kann. Sie nehmen an, daß die Produktion von Akrasin durch die Zellen ein Prozeß ist, der praktisch irreversible Etappen durchläuft, d. h. der vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernt ist.

Wie PRIGOGINE hervorhebt, könnten demnach wenigstens die ersten Etappen der Aggregation als räumliche dissipative Strukturen interpretiert werden. Er schreibt dazu weiter: „Es ist verführerisch, diese Betrachtung zu extrapolieren und zu hoffen, daß die bei den Akrasalien beobachteten Phänomene Hinweise dafür liefern könnten, wie die Entwicklung bei höheren Organismen verläuft. Wenn es so wäre, würde die Interpretation als dissipative Strukturen ein vereinigendes Prinzip für diesen außerordentlich verschiedenen und komplexen Prozeß liefern“ (**127b**).

Wir können also festhalten, daß biologische Prozesse Instabilitäten aufweisen, die nur fern vom Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts möglich sind. Wir haben hier ein Beispiel dafür, daß dissipative Strukturen beim Funktionieren des lebenden Organismus für die Aufrechterhaltung des Lebens eine Rolle spielen. Wir werden auf sie zurückkommen bei der Frage, welche Rolle dissipative Strukturen in der präbiotischen Evolution spielen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 10.6.1. Die Dialektik von Teil und Ganzem

„Das Ganze ist mehr als die Summe (das Mosaik) seiner isolierten Teile.“ Dieser Satz hat innerhalb der Wissenschaften sehr geteilte Aufnahme gefunden, denn an ihn waren eine ganze Reihe idealistischer Spekulationen gebunden (vgl. ROCHHAUSEN, **136**). In der Tat ist aber eine lebende Zelle mehr als die Summe ihrer isolierten Bestandteile und Energiequanten. Die Organe sind mehr als die isolierten Zellen, Gemeinschaften mehr als ein Haufen von Individuen. Dieser Satz drückt also den Tatbestand aus, daß es im Ganzen Beziehungen gibt (in der Zelle z. B. auch Herkunftsbeziehungen aus den Jahrmillionen ihrer Entwicklung), die nicht allein in Begriffen der Teile ausgedrückt werden können.

Hat man bestimmte Elemente, z. B. die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, so wird daraus eine Struktur bzw. ein Ganzes, indem bestimmte Beziehungen zwischen [368] den Elementen festgestellt werden. Solche Beziehungen können bei Zahlen z. B. sein: $4 + 1 – 5$; $2 \times 3 – 6$.

Auch die Worte unserer Sprache stellen eine bestimmte Anordnung von Elementen dar, so z. B. das Wort „regen“. Es besteht aus den Elementen e, e, g, n, r. Aus den gleichen Elementen können jedoch noch eine Vielzahl anderer Strukturen aufgebaut werden, wie z. B. die Worte „gerne“, „neger“. Das Ganze ist also offensichtlich um die bestimmte Ordnung, um die entsprechenden Beziehungen zwischen den Elementen reicher als die Summe seiner isolierten Teile. In den Begriffen der Informationstheorie findet dieser Tatbestand seinen Ausdruck in dem zentralen Satz: *Der gesamte Informationsgehalt des Ganzen ist gleich der Summe des Informationsgehaltes der Teile, wenn die Beschreibung jedes Teiles alle möglichen Verbindungen mit anderen Teilen enthält.*

Damit bringt die Informationstheorie die Möglichkeit einer exakten Bestimmung dieses in der Ganzheitsbiologie, Ganzheitspsychologie und Gestaltpsychologie so viel diskutieren und oft idealistisch verzerrten „mehr“ des Ganzen gegenüber seinen Teilen.

Leider können wir uns mit diesen Überlegungen noch nicht ganz zufriedengeben. Es gilt m. E. zu unterscheiden zwischen mechanischem Ganzen und dialektischem Ganzen. Wir können auch die Teil-Ganzes-Relation in verschiedener Tiefe erfassen:

1. Als mechanisches Ganzes. – Ein solches Ganzes ist zerlegbar in Teile, jeder Teil wird allein untersucht sowie die Wechselbeziehungen der Teile untereinander bzw. mit der Umgebung und dann wieder zusammengesetzt.
2. Als dialektisches Ganzes. – Bei einem derartigen Ganzen werden die Eigenschaften der Teile vom Ganzen her mitbestimmt.
   Durch Analyse aus dem allgemeinen Zusammenhang des Ganzen isolierte Elemente verändern sich dabei wesentlich. Es bleibt eine wesentliche Eigenschaft des Systems, der Einfluß des Ganzen auf die Entwicklung seiner Teile, unberücksichtigt, wenn nur die Teile und die Wechselbeziehungen der Teile untereinander untersucht werden.

Es wäre weiterhin zu überlegen, ob bei einem wirklich dialektischen Ganzen die Information des Ganzen nicht größer sein könnte als die Summe der Informationen der Teile. Es wäre zu prüfen (dies kann hier jedoch nicht geschehen), ob nicht bei den angeführten Gedanken auf der Grundlage der statistischen Informationstheorie stillschweigend ein mechanisch zusammengesetztes Ganzes vorausgesetzt wird. Es lassen sich auch noch weitere Schwierigkeiten aufzeigen.

Wir sagten, daß man auf der Grundlage der Informationstheorie zu der Aussage kommen kann, daß der gesamte Informationsgehalt des Ganzen genau dann gleich der Summe der Informationsgehalte der Teile ist, wenn die Beschreibung jedes Teils alle möglichen Verbindungen mit anderen Teilen enthält. Dabei ist der Bedingungssatz zu berücksichtigen. Man betrachte den Informationsprozeß als einen Vorgang der Auswahl aus einer bestimmten Folge von Alternativen unter der Bedingung, daß alle zur Wahl stehenden Möglich-[369]keiten bekannt sind. Ich glaube, man sollte diese Bedingung nicht übersehen. Wir haben immer wieder hervorgehoben,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

daß man es im Lebenden nicht mit einer absolut bestimmten Struktur, also nicht mit einer bestimmten Gesamtheit von vornherein festgelegte Beziehungen zwischen den Teilen eines Ganzen, sondern mit Möglichkeitsstrukturen zu tun hat. Hier sind also nicht alle möglichen Verbindungen zuvor bekannt. Gerade daraus entspringt wahrscheinlich das umfangreiche Informationspotential, auf das sich die epigenetischen Formen des Verhaltens gründen. Die genetische Information liefert die Variationsbreite für den epigenetischen Informationszuwachs (Lernverhalten höherer Art). Einen Hinweis darauf, daß die Teil-Ganzes-Relation tiefer erfaßt werden muß, kann man auch in folgendem sehen.

So kann z. B. die Argumentation, die wir bei der Besprechung der phylogenetischen Höherentwicklung anwandten, zu Widersprüchen führen. Dort wurde gesagt, daß das aktivere und stabilere System, eine Organisationsform mit niederem Entropieniveau, eine mit höherem verdrängt und es dadurch zu einer Erhöhung der Stabilität und zu einem Abbau der Entropie kommt. Dem sich durchsetzenden System ist es gelungen, den Einfluß funktionsstörender Faktoren der Außenwelt herabzusetzen und den Einfluß funktionsfördernder Faktoren zu erhöhen (z. B. durch die Ausbildung jeweils negativer bzw. positiver Rückkopplungen); d. h., es werden neue Strukturelemente in die Gesamtfunktion einbezogen, und die Bindung zwischen den Strukturelementen wird erhöht. Es ist dies der Grad der Bindung, der durch die Entropie seinen Ausdruck finden kann.

Das Engerwerden der Bindungen zwischen den Strukturelementen läßt sich als Entropieabbau verstehen, und umgekehrt eine Lockerung der Bindungen zwischen den Strukturelementen als Entropieaufbau. Bei einer völligen Desorganisation werden die Strukturelemente völlig unabhängig voneinander. Eine Krebszelle ist daher von geringerer Organisation als eine gesunde Zelle. Im Falle der Unabhängigkeit der Strukturelemente, einem maximal unorganisierten System, ist auch die Entropie maximal. Wenn sich in einem System die Zusammenhänge enger gestalten, sich Beziehungen zwischen den einzelnen Strukturelementen ausbilden, dann wird die Gesamtentropie des Systems kleiner als die Summe der Entropie der isolierten Teile. Die Differenzen geben Auskunft über das „mehr“ des Ganzen gegenüber seinen Teilen: um diese Wechselbeziehungen ist jedes Ganze reicher als die Summe seiner isolierten Teile, auch eine Maschine.

Die hier angenommene Beziehung zwischen Entropie und der Gebundenheit der Teile führt zu Widersprüchen bzw. erfaßt nicht alle Beziehungen, die zwischen den Teilen und einem Ganzen bei einer wirklich dialektischen Einheit auftreten können. Das übersieht z. B. POLETAJEW, wenn er schreibt: „Wenn alle Elemente des Systems vereinzelt existieren und der Zustand des einen Elements in keiner Weise auf den Zustand des anderen einwirkt, d. h., wenn alle Elemente unabhängig voneinander sind, so ist das System offensichtlich im höchsten Maße unorganisiert. Der andere Grenzfall ist der, daß der Zustand eins Elementes eindeutig den Zustand aller übrigen bestimmt.“ (**126**, S. 88.)

Dieser Grenzfall bedeutet aber, daß ein maximal organisiertes System das maximal starrste System ist. Auf diesen Widerspruch machte R. THIEL (Studienanleitung Berlin 1967, S. 24 f.) aufmerksam und zeigte, daß es fraglich ist, „ob die Organisiertheit eines Systems nur am Grad der gegenseitigen Gebundenheit seiner Teile gemessen werden kann. Biologische, politische, wirtschaftliche und vor allem kybernetische Überlegungen selbst zeigen, daß die Organisiertheit eines Systems – vom Standpunkt der Leistungs- und Anpassungsfähigkeit betrachtet – eine gewisse relative Selbständigkeit der Teilsysteme gewährleisten muß. Im politisch-wirtschaftlichen Bereich sind anarchistisches Chaos und preußisch-bürokratisches Reglement die beiden Extreme: Mangel und Überschuß an Organisiertheit. Der demokratische Zentralismus unserer sozialistischen Ordnung ist ein [370] Prinzip, in dem straffe Bindung mit möglichst großer relativer Eigenständigkeit der Untersysteme zu vereinigen sind. Wir betrachten gerade die Einheit beider Momente, die sich auf die Disziplinierthеit sowie auf Verantwortungsbewußtsein und Initiative der Massen stützt, als höchste Form der Organisiertheit.“ Wenn man nun diesen Gedanken zu Ende denkt, kann man zu dem Schluß kommen, daß es verschiedene Ganzheiten gibt. Es ist also in der Tat berechtigt, zwischen mechanischem Ganzen und dialektischem Ganzen zu unterscheiden.

Es scheint also durchaus der Fall zu sein, daß es innerhalb der allgemeinen Ganzes-Teil-Relation noch qualitative Unterschiede gibt, qualitativ verschiedene Ganzheitsbeziehungen und verschiedene Differenzierung der Elemente. So schreibt z. B. auch NOWIK (**114**, S. 1044): „Ganz abgesehen davon, daß in der Maschine sowohl die Ganzheit als auch die Differenzierung schwächer ausgeprägt sind als im Gehirn, muß man noch betonen, daß sie gewissermaßen nebeneinander bestehen. Im Unterschied dazu finden wir im Gehirn eine untrennbare dialektische Einheit zwischen der Ganzheit des Systems und einer erstaunlichen Differenzierung seiner Elemente.“ Vor allem spielen für die Ganzheitsbeziehungen im lebenden System unspezifische kollektive Wechselwirkungen (bei den enzymatischen Prozessen unspezifische Wechselwirkungen bzw. Ganzheitserregungen ganzer Neuronenfelder im Gehirn) eine entscheidende Rolle.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 10.6.2. Die dialektische Einheit spezifischer und unspezifischer Wechselwirkungen

Zunächst erscheint das Stoffwechselgeschehen auf Grund der außerordentlichen Spezifität der Enzyme entsprechend streng determiniert, so daß man sich fragen kann, wodurch es überhaupt berechtigt sei, hier das Auftreten von Gesetzmäßigkeiten zu erwarten, die die Kategorie des Möglichen als der dialektischen Einheit von Zufall und Notwendigkeit enthalten.

Es ist offensichtlich, daß ohne die hohe chemische Spezifität ein Organismus nicht existieren kann. Die Spezifität machte die Enzyme zu einem äußerst empfindlichen Regulationsmittel. Anorganische Katalysatoren eignen sich zur Regulation biologischer Prozesse eben gerade deswegen nicht, weil sie nicht entsprechend spezifisch sind. Platin katalysiert die verschiedensten Oxydationsprozesse unabhängig davon, welches Substrat angeboten wird. Ein Enzym dagegen wird z. B. entweder Milchzucker oder Rohrzucker spalten. Das Leben kann sich weder erhalten noch reproduzieren ohne die Herausbildung immer spezifischerer Reaktionen. Spezifität bedeutet eine ganz genaue Übereinstimmung (steric fit) mit den strukturellen und chemischen Eigenschaften des Reaktionspartners.

Diese Beziehung wird gewöhnlich durch das Verhältnis von Schlüssel und Schloß veranschaulicht. Diese Schlüssel-Schloß-Beziehung ist deutlich eine funktionelle Beziehung. Wird das „Schlüsselloch“ verändert, paßt das Substrat nicht mehr hinein, und die Wirkung bleibt aus. Durch diese Spezifi-[371]tät, die verlangt, daß im Substrat sozusagen ein Negativ des Enzymmoleküls vorliegen muß, so daß beide Moleküle genau aufeinander passen, erhalten wir streng determinierte Reaktionen.

Daß ein Schlüssel nicht mehr paßt, geschieht z. B. bei der Denaturation des Eiweißkörpers. In diesem Sinne ist die Denaturation etwas Unnatürliches, hat sie eine zerstörende Wirkung und führt zu einem Entropieaufbau. Die Frage ist aber, paßt überhaupt ein Schlüssel, wenn das Eiweiß in vollkommen nativem Zustand ist? Es konnte beobachtet werden, daß das Enzymmolekül bei geringen *p*H-Verschiebungen, die Veränderungen in der Struktur hervorriefen, maximal aktiv wurde, und erst ein noch weiteres Verschieben führte zur Zerstörung. Wir sehen hier, daß die Dynamik des Organismus auf molekularer Ebene einen doppelten Aspekt hat. Die Spezifität, aber auch unspezifische Veränderungen erweisen sich als wesentlich für das Lebensgeschehen.

Die unspezifischen Vorgänge beruhen auf kollektiven Wechselwirkungen. Dazu sind die Proteine auf Grund ihrer Größe besonders gut geeignet. Auch elektrische Kräfte spielen sowohl bei der Spezifität der chemischen Transformation als auch bei der unspezifischen kollektiven Wechselwirkung eine Rolle. Es besteht damit die Möglichkeit einer engen Kopplung zwischen den beiden Arten der Dynamik, der Spezifität und der Ergodisation, worauf u. a. ELSASSER (**33**) aufmerksam macht. RAPOPORT schreibt, indem er die materialistische Dialektik solcher Prozesse deutlich werden läßt, daß sich „spezifische mit statistischen Vorgängen zu einer dialektischen Einheit“ verbinden. „Die Aufrechterhaltung der SH-Gruppe ist das Resultat einer Kette von enzymatischen Reaktionen, die einen spezifischen Stoffwechselprozeß darstellen, während die Denaturierung als statistischer, mit Änderung der Eiweißstruktur verbundener Vorgang zu betrachten ist.“ (**131**, S. 480.)

Diese Kopplung oder besser dialektische Einheit von spezifischen und statistischen Vorgängen wollen wir bei der Enzymwirkung noch näher betrachten. Damit kommen wir zu einer Konkretisierung der auf S. 333 getroffenen Feststellung, daß die Stoffwechselaktivität nicht nur die verschiedenen Ebenen der Aktivität des lebenden Organismus miteinander verbindet, sondern ständig die strukturellen Eigenschaften der Moleküle beeinflußt. Es ändern sich ihre Komponenten, und vor allem beeinflussen *p*H-Veränderungen ihre chemische Stabilität und Aktivität.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wir können daher im lebenden Organismus nur mit der Wahrscheinlichkeit w zum Zeitpunkt t eine genau festgelegte mikroskopische Struktur und Dynamik haben.

Wir beziehen uns auf das elektrische Verhalten des Proteinmoleküls. Das Molekül eines globulären Proteins stellt eine lange Polypeptidkette dar, die mehr oder weniger regelmäßig gefaltet oder aufgerollt ist, wobei die Falten durch verschiedenartige chemische Bindungen zusammengehalten werden. Eine andere große Zahl von Valenzen ist frei, so daß Kationen und Anionen entsprechend dem Zustand des Außenmediums gebunden werden können. [372] Es besteht eine ständige Ladungsfluktuation; die Seitenketten erhalten und verlieren Protonen je nach der Zusammensetzung des Außenmediums. Verschiedene Aufladungen des Moleküls können starke Veränderungen in der Löslichkeit und der Hydratation der Proteinmoleküle hervorrufen. Die Ladungsfluktuation muß zu einer ziemlichen Deformation dieser labilen Struktur der globulären Proteine führen. Man kann sich dies als den Beginn einer reversiblen Denaturation vorstellen, bemerkt auch ELSASSER (**33**).

Es wird damit immer deutlicher, daß neben dem rein statischen Aspekt in der katalytischen Wirkung, wie er durch das Bild der sterischen Fassung und der Beziehung zwischen Schlüssel und Schloß veranschaulicht wird, auch dieser dynamische Aspekt der katalytischen Wirkung zu berücksichtigen ist.

Wie wir schon sagten, ist es durchaus möglich, daß überhaupt kein Schlüssel richtig paßt, wenn das Eiweiß in vollkommen nativem Zustand ist, so daß man annehmen kann, daß in vielen Fällen erst die Deformation die katalytische Wirkung eines Enzyms gegenüber einem bestimmten Substrat fördert, d. h., die Umwelt kann spezifisch so beschaffen sein, daß das deformierende System zur Spezifität des Enzyms beiträgt.

Es liegt also eine enge Kopplung zwischen spezifischen und nichtspezifischen Vorgängen vor. Dadurch können immer neue Beziehungen geschaffen werden, was deutlich wird, wenn man bedenkt, daß es sich in der Zelle nicht nur um einige wenige Enzyme, sondern um Tausende zusammenwirkender Enzyme handelt, wobei ebenfalls zwischen benachbarten Proteinmolekülen elektrostatische Wechselwirkungen auftreten.

Das Enzym wird oft erst passend gemacht, sagten wir. Information zu erhalten bedeutet, daß eine bestimmte Übereinstimmung im Ordnungsgrad mit anderen materiellen Prozessen besteht. Eine Information bekommt erst dann Bedeutung, wenn ein Empfänger bereitsteht. Wir können die Beziehung zwischen Enzym und Substrat mit der Beziehung zwischen Sender und Empfänger verdeutlichen. Es ist z. B. eine Gesprächssituation gegeben, wenn ein Sprecher einem Zuhörer etwas mitteilt. Wenn der Hörende die Mitteilung des Sprechenden vollständig versteht, so muß er in der Lage sein, der auf ihn einwirkenden, geordneten Lautfolge einen bedeutungsmäßigen Sachverhalt zuzuordnen.

Im speziellen Fall fällt die Menge der Bedeutungen zusammen mit der Menge möglicher Zustände des Informationsparameters. Es bedarf also keiner weiteren Erklärung. Setzen wir voraus, daß es dem Hörer nicht möglich ist, eine eindeutige Zuordnung zwischen Gemeintem und Verstandenem, zwischen Lautfolge und Bedeutung herzustellen, so kann sich der Hörer über die Entsprechung des von ihm Verstandenen mit dem Gesagten durch Rückfragen informieren. Es entsteht Rede und Gegenrede, Gesendetes und Empfangenes; Gemeintes und Verstandenes werden mit Hilfe eines Korrekturkanals so lange korrigiert, bis die Mitteilung richtig verstanden wurde. Der Prozeß strebt einem Endzustand zu, wo Sender und Empfänger zu einer gemeinsamen und eindeutigen Zuordnung der Signale gelangen. Dies ist ein Prozeß mit Entropieabbau.

[373] Wir können dieses Beispiel verallgemeinern und sagen, daß nicht schlechthin jedes Signal Träger von Information ist, sondern immer nur für einen bestimmten Empfänger, der von dem Signal zur Wirkung veranlaßt werden kann bzw. dieses speichern kann, um zu einem spä-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

teren Zeitpunkt eine Wirkung hervorzurufen (hier ist ein für die Automatisierungstechnik notwendiger Unterschied gegenüber der klassischen Informationstheorie). Die Veränderung der Eiweißstruktur kann also dahin führen, daß ein bestimmtes Eiweiß erst jetzt zum Empfänger von Signalen wird und der Stoffwechsel daraufhin in neue Bahnen gelenkt wird.

*In der molekularen Organisation steht ein Informationspotential zur Verfügung, welches erst dann genutzt wird, wenn der entsprechende Empfänger dafür ausgebildet wurde. Man kann so annehmen, daß das Informationspotential nicht von außen eingeführt wird, sondern durch den Stoffwechsel erhalten und – was hier das Entscheidende ist – ständig geschaffen wird.* Dies setzt andererseits wieder eine äußerst enge Beziehung zur Umwelt voraus. Auch anorganische Körper verfügen über ein großes Informationspotential, doch wird dies meist nicht im makroskopischen Verhalten wirksam.

Für ein System, welches zu echter Entwicklung befähigt ist, müssen zumindest vier entscheidende Voraussetzungen gewährleistet sein:

1. Zufälligkeit bei der Auswahl und Kopplung der Elemente des Systems,

2. eine enge und äußerst intensive Wechselbeziehung mit der Umwelt,

3. ein großes Informationspotential, das ständig erhalten und geschaffen wird, und

4. die Existenz innerer Widersprüche.

Das Wirksamwerden der molekularen Organisation im Gesamtverhalten des lebenden Systems ist nur möglich auf Grund des Stoffwechsels und eines *Informationspotentials*, welches gegründet ist auf die strukturelle Konfiguration der Makromoleküle. Wir können zeigen, daß sie in der Tat makroskopische Formen des Verhaltens beeinflussen, wenn sie durch die vielfältigen Regulationssysteme in die Dynamik des Gesamtsystems einbezogen sind.

Die in der individuellen Zelle entdeckten Regulationsmechanismen erwiesen sich als die „Pfade“, auf denen einerseits die Information der Außenwelt bis hin zur molekularen Feinstruktur gelangt, andererseits wechselwirken entsprechend dem Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit und dem Prinzip der alles umfassenden Dynamik die feinsten Struktureinheiten mit dem Gesamtsystem der Zelle, so daß die der strukturellen Gestaltung der Makromoleküle entsprechende Information für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich wird, ja sogar einzelne molekulare Veränderungen wesentlich werden können.

Das Prinzip des dynamischen Zustandes des Organismus ließ deutlich werden, daß auch das Verhalten des einzelnen Eiweißmoleküls nur in Einheit mit seiner Umwelt verstanden werden kann. Es ist einer ständigen Bewegung und Veränderung unterworfen, so daß auch seine Beziehungen zur Umwelt [374] nicht statisch und starr zu betrachten sind. Im Gegenteil, charakteristisch ist einmal die Spezifität und zum anderen gerade die enorme Variabilität und Flexibilität des Eiweißmoleküls und seiner Beziehungen.

*Betrachtet man die Kombination von Teilen, die nur ihren Ort verändern, so ist theoretisch jeder Zustand des Ganzen vorauszuberechnen. Nimmt man eine bestimmte Zahl stabiler Elemente an, so gibt man sich damit implizit alle möglichen Kombinationen vor. Haben wir jedoch eine begrenzte Zahl außerordentlich flexibler Elemente, so ist die Möglichkeit der Kombination nahezu unbegrenzt. Die Beziehungen existieren nicht schon vorher, sondern nur in Möglichkeit. Sie verwirklichen sich erst auf Grund einer bestimmten Umweltsituation oder innerer Ursachen.*

Bei dem von uns besprochenen „*allosterischen Effekt*“ haben wir es z. B. mit spezifischen Veränderungen am Proteinmolekül zu tun, die zur Regulation des Zellstoffwechsels ausgenutzt werden. Wird dieser spezifische Aspekt mit dem vorher erwähnten anderen Aspekt der unspezifischen Einwirkungen und Veränderungen verbunden, so ist es wohl möglich, daß

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

neue Verbindungen und neue Regulationssysteme entstehen, die zur weiteren Stabilisierung des Systems beitragen.

Eine solche Einheit spezifischer und nicht-spezifischer Beziehungen finden wir auch bei den synaptischen Schaltungen im Gehirn. Die Existenz dieser nicht-spezifischen Verbindungen im Gehirn ist eine entscheidende Besonderheit, durch die sich das Gehirn von den bisherigen technisch-kybernetischen Systemen unterscheidet. In der Maschine haben wir es mit in sich homogenen Gliedern zu tun, die durch gleichartige Verbindungen zu Ketten zusammengefügt sind. Im Falle des lernenden Systems können die Automaten ihre Parametereinstellungen („Reizschwellen“) entsprechend den jeweiligen Einwirkungen aus der Umwelt verändern. Im Gehirn dagegen haben wir ein hochkomplexes System vor uns, d. h. qualitativ andere Ganzheitsbeziehungen und eine außerordentliche Inhomogenität und Differenziertheit der Glieder. Wenn Signale vom Gehirn aufgenommen werden, so wirken diese, wie NOWIK (**114**, S. 1044) schreibt, „spezifisch auf die entsprechende Gehirnpartie ein, z. B. des Gesichts oder des Gehörs, aber es wirkt nicht-spezifisch auf das Gehirn als Ganzes.

Während in der Maschine alle Prozesse in einer Reihe aufeinanderfolgen, so können beim Menschen dank seiner Fähigkeit zur nicht-spezifischen Erregung mit einem Schlage ganze Neuronenfelder in Aktion treten.“

Wir können bei den Synapsen, die außerordentlich hochempfindliche Übertragungssysteme darstellen, beobachten, daß sie ebenfalls schon bei geringer Veränderung der Umwelt, hervorgerufen durch solche Ganzheitserregungen, ihre Übertragungseigenschaften ändern. Es wird sich langsam ihre Struktur verändern, und die Impulse werden in neue Kanäle gelenkt. Es kann zu sprunghaften Assoziationen kommen, welche im Gehirn stets im Hintergrund vorhandene, unbewußte Gedanken (Informationspotential) wiedererwecken. Derartige Sprünge ermöglichen den Übergang von einer Theorie zur anderen.

[375] Damit sind auch hier die unspezifischen Wechselwirkungen nicht etwas Störendes, sondern gerade eine Voraussetzung für plötzliche Assoziationen und schöpferisches Denken. Die Ganzheitserregung ermöglicht es dem Menschen, die Kontinuität des Erkenntnisprozesses zu durchbrechen. Damit sind Voraussetzungen für schöpferische Denkleistungen gegeben.

Durch unspezifische Wechselwirkungen könnte es zu immer neuen Zusammenlagerungen kommen. Die geeignetste Möglichkeit wird noch vor der Verwirklichung anderer Möglichkeiten ausgewählt. Es wird immer nur ein kleiner Teil der möglichen molekularen Strukturen (Informationspotential) der Zelle realisiert. Im ausgewählten Teil der Wirklichkeit kann es jedoch zu einer Erhöhung des Informationsgehaltes kommen. Es ist also offensichtlich, daß ein Verständnis dieser Probleme wahrscheinlich über die Erforschung der Selbstorganisation im Verlaufe der Phylo- und Ontogenese gefunden werden könnte, einer Selbstorganisation, die nicht wie beim lernenden Automaten allein durch die äußere Umwelt bestimmt ist, sondern durch die innere Widersprüchlichkeit des Systems.

Zur Hypothese der endogenen Informationsvermehrung im Lebensprozeß lassen sich zunächst folgende Thesen formulieren:

1. Es wurde bei der Charakterisierung des lebenden Organismus als hochkomplexes System hervorgehoben, daß hier einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden können, ja, daß gerade dies für das Lebensgeschehen typisch ist. Es ist erwiesen, daß biologisch wichtige Reaktionen oft von einer einzigen reaktionsfähigen Gruppe des Moleküls abhängen. Geringfügige Besonderheiten im Bau eines Makromoleküls können für das biologische Verhalten von entscheidender Bedeutung sein. Gerade die Tatsache, daß einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten wesentlich werden können, gewinnt für unser Problem der Höherentwicklung bzw. Infor-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

mationsvermehrung besondere Bedeutung. Der Entropiebegriff ist ein statistischer Begriff. Diese Tatsache zeigt gleichzeitig seine Grenze auf. Sie liegt wahrscheinlich dort, wo die Statistik versagt, im Gebiet kleiner Zahlen der beteiligten Moleküle. Ein anderes Ordnungsprinzip als das von BOLTZMANN, eine Ordnung durch Schwankungen, tritt bei der funktionellen Ordnung lebender Systeme hervor.

2. Es ist nicht nur der rein statische Aspekt der katalytischen Wirkung zu berücksichtigen, sondern auch ein dynamischer. Zum anderen ist zu berücksichtigen, daß beide Aspekte eng miteinander verbunden sind, so daß die auf kollektiver Wechselwirkung beruhenden strukturellen Veränderungen des Proteinmoleküls die Spezifität fördern können. Durch die unspezifischen Wechselbeziehungen werden jedoch auch ständig neue Möglichkeiten in den Beziehungen zwischen den einzelnen Stoffwechselschritten realisiert.
   Auch hier findet eine ständige Produktion an Mannigfaltigkeit statt. Man kann annehmen, daß bei der Verwirklichung einer Vielzahl von Mög-[376]lichkeiten dies in verschiedenen konkreten Fällen zum Verlust an Spezifität, zu einer statistischen Verteilung, zur Erhöhung der Entropie und zum Verlust an Information führt. Es ist aber wohl möglich anzunehmen, daß es – wie bei der phylogenetischen Entwicklung – in dem ausgelesenen Teil der Wirklichkeit zu einer Erhöhung der Information kommt, wenn dieser Vorgang mit einem Auslesemechanismus verbunden werden könnte.
3. In der außerordentlichen Variabilität der Eiweißkörper liegt ein großes Informationspotential, das die Grundlage für eine Informationsvermehrung aus der inneren Widersprüchlichkeit der Dynamik des Lebensgeschehens selbst bilden kann.
   Auf der Grundlage äußerst intensiver Wechselbeziehungen mit der Umwelt wird dieses Informationspotential auf molekularem Niveau ständig durch den Stoffwechsel erhalten und neu geschaffen. Hierbei gilt das Prinzip der durchgängigen Strukturiertheit, der alles erfassenden Dynamik und der Einheit von spezifischen und unspezifischen Wechselbeziehungen. Die epigenetischen Formen des Verhaltens beruhen auf dem Möglichkeitscharakter der mikroskopischen Struktur und Dynamik. Dieses Verhalten gründet sich also auf die dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen, auf die dialektische Einheit spezifischer und nicht-spezifischer Wechselwirkungen, auf die dialektische Einheit statischer und dynamischer Aspekte der katalytischen Wirkung. Durch unspezifische Wechselwirkungen werden in den Beziehungen zwischen den einzelnen Stoffwechselschritten ständig neue Möglichkeiten realisiert.
4. Ist es möglich, diesen Vorgang mit einem Selektionsmechanismus zu verbinden, dann unterscheidet sich die ontogenetische Entwicklung in diesem Zusammenhang von der phylogenetischen darin, daß bei der Phylogenese die Auswahl der einen, der geeignetsten Möglichkeit *nach* der Verwirklichung anderer Möglichkeiten geschieht. Bei der Ontogenese dagegen vollzieht sich die Auslese *vor* der Verwirklichung anderer Möglichkeiten. Diese werden gar nicht erst realisiert. Es wird nur ein ganz kleiner Teil der möglichen mikroskopischen Strukturen der Zelle realisiert. In beiden Fällen vollzieht sich jedoch im ausgewählten Teil der Wirklichkeit eine Informationserhöhung auf Kosten der für die entsprechende Situation ungeeigneten Möglichkeit.
   *So ist es möglich, den Prozeß der Informationsvermehrung ohne Verstoß gegen physikalische Gesetze* (gegen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik) *zu erklären*. Voraussetzung dafür ist jedoch die Überwindung der mechanistischen Determinismuskonzeption, die Anerkennung probabilistischer Gesetze, das Entstehen immer neuer Möglichkeiten. [377]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

### 10.7. Der Streit um die Ursachen der Variabilität und die Bedeutung innerer Ursachen für die Höherentwicklung

Das Problem der Höherentwicklung, der Evolution lebender Systeme, stand und steht auch heute im Mittelpunkt weltanschaulicher Auseinandersetzungen. Wie hat sich diese Tatsache der Zunahme an Organisationshöhe, der Vervollkommnung des Zusammenwirkens der Strukturelemente bzw. der Glieder des Systems vollzogen? Die Tatsache der Evolution ist heute in der Wissenschaft unbestritten. Geleugnet werden die wissenschaftlichen Fakten nur noch von fanatischen Verfechtern religiöser Dogmen. Gegenstand echten Streites ist allerdings der „Mechanismus“ der Entwicklung.

Die zwei klassischen Lösungen, die hier vorgeschlagen wurden, sind Lamarckismus und Darwinismus. Der Lamarckismus geht von der Annahme aus, daß der lebende Organismus sich an seine Umwelt direkt anpaßt und die dabei erworbenen Veränderungen seinen Nachkommen vererben kann. Der Darwinismus geht davon aus, daß zufällig auftretende Variationen für die Art von Vorteil sein können. Durch Auswahl dieser den Umweltverhältnissen besser angepaßten lebenden Systeme kommt es zur Höherentwicklung. Der entscheidende Regulator der Höherentwicklung in der lebenden Natur ist der Kampf ums Dasein mit dem Ergebnis der natürlichen Auslese. Weder Neo-Darwinismus noch Neo-Lamarckismus werden heute letzteres bestreiten wollen, der Streit geht vielmehr um die Ursachen der Variabilität.

Die klassische Genetik konnte zeigen, daß es keine Vererbung erworbener Eigenschaften im Sinne LAMARCKs gibt. Es zeigte sich, daß die überhaupt nachweisbaren Veränderungen der Erbeigenschaften (Mutationen) in keiner feststellbaren Beziehung zu äußeren Umweltbedingungen des lebenden Systems stehen.

*Im Ergebnis bedeutet Höherentwicklung das Auftreten eines neuen Informationsgehaltes innerhalb einer Klasse von Systemen. Ist jedoch alles informativ prädeterminiert, so tritt nichts grundsätzlich Neues auf. Nach dem entgegengesetzten Extrem entsteht alles Neue aus einer unerklärlichen Spontaneität*.

Für den dialektischen Materialismus gilt es, beide Extreme zu überwinden und deutlich zu machen, daß die Materie in ihrer Widersprüchlichkeit verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten und die Fähigkeit zur Höherentwicklung in sich birgt und daß die zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten prinzipiell erkennbar sind.

So ist einer der entscheidendsten Faktoren der Evolution lebender Systeme das Auftreten von Mutationen. Die Mutation ist ein Vorgang, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (dialektische Einheit von Zufall und Notwendigkeit) zu einer Veränderung der Erbinformation führt. Das sagt uns das experimentelle Material, das von der Genetik in unserem Jahrhundert zusammengetragen wurde. Das sagen uns insbesondere die jüngsten Ergebnisse der Molekularbiologie, die deutlich machen, daß die zu einer Veränderung der Basenfolgen führenden Faktoren unspezifisch bezüglich der dabei [378] entstehenden neuen Information für die Eiweißsynthese wirken. Die veränderten Eigenschaften der Nachkommen der Zelle sind daher zufällige Veränderungen. Und doch ist die Evolution der Organismen ein geordneter Prozeß, eben hier tritt diese Ordnung der Natur hervor, wie wir sie durch das probabilistische Gesetz charakterisierten. Hier tritt uns diese dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall, oder wie wir auch sagten, von Spezifischem und Unspezifischem entgegen. Dieser Prozeß ist nicht im Sinne des klassischen Determinismus bzw. Prädeterminismus exakt voraussagbar und geordnet, sondern voraussagbar und geordnet im Sinne probabilistischer Gesetze.

Die moderne synthetische Theorie der Evolution gründet sich auf die Wechselbeziehung von Mutation und Selektion. Sie steht metaphysischen Interpretationen der Evolution, wie sie vom Finalismus und von einem mechanizistischen Evolutionismus gegeben werden, entge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

gen. Die synthetische Theorie bemüht sich um dialektische Lösungen der Probleme (vgl. E. MAYR, **105b**), um eine möglichst umfassende Erklärungsmöglichkeit und Zusammenfassung der Einzeltatsachen über die Evolutionsprozesse (vgl. G. L. STEBBINS, **159b**), die jedoch weiter zu vertiefen sind. Die Evolutionserscheinungen lassen sich ohne vitalistische Kräfte auf der Grundlage der Dialektik von Mutation und Selektion erklären. Dies verlangt jedoch ein tieferes Verständnis des Wesens der Mutation und der Selektion, der Beziehungen zwischen Gen und Merkmal, der Dialektik von Notwendigkeit und Zufall sowie von Struktur und Variabilität, als es einem mechanischen Evolutionismus möglich ist. Die Diskussion um die Faktoren der phylogenetischen Entwicklung geht daher noch weiter. So lesen wir z. B. bei ROTSCHUH: „Die Phylogeneseforschung vermag also bis heute die uns so wesentliche Frage nicht befriedigend zu beantworten, wie die komplizierte binome Organisation des menschlichen Organismus entstanden ist. Ihre Hypothesen versagen vor dem Tatbestand der Zunahme an Unwahrscheinlichkeit, an Organisationshöhe und Vollkommenheit im Zusammenpassen der Glieder.“ (**138**, S 142 f.)

Wir müssen abwarten, so sagt er, ob uns die Forschung in Zukunft neue Theorien für diese Phänomene bringt. Aus diesen Worten spricht die m. E. berechtigte Kritik an den bisherigen Theorien über die Faktoren der phylogenetischen Entwicklung (Neo-Lamarckismus und Neo-Darwinismus in einer vereinfachten Auffassung) und die Forderung nach einer neuen, tieferen Theorie. Daß die bisherigen Vorstellungen nicht ausreichend sind, die Zunahme der Organisationshöhe voll zu erklären, wurde von den verschiedensten Autoren immer wieder hervorgehoben. Oftmals wurde die Lösung des Problems darin gesehen, daß man irgendwie zwischen den sich widerstreitenden Auffassungen des Neo-Lamarckismus und des Neo-Darwinismus bzw. der klassischen Genetik zu vermitteln suchte. Der wesentliche Punkt, wo man ansetzen muß, um zu einer tieferen Theorie zu kommen, scheint mir jedoch an anderer Stelle zu liegen.

[379] *In der biologischen Bewegungsform der Materie gibt es in der Tat eine Entwicklung von der Unordnung zur Ordnung, von primitiven Organisationsformen zu besonders hochentwickelten Organisationsformen. Diese Entwicklung hat eine außerordentlich intensive Wechselwirkung des lebenden Systems mit seiner Umwelt zur Voraussetzung, bestimmt ist sie jedoch wahrscheinlich nicht so sehr durch äußere Einflüsse, denn äußere Ursachen würden eher zur Unordnung als zu einer Ordnung führen. Die Höherentwicklung ist mehr bestimmt durch das innere Wesen des lebenden Systems selbst, durch spezifisch biologische Gesetze.*

Diese These ist von grundsätzlicher Bedeutung. Sie ergibt sich aus der hier vertretenen Determinismuskonzeption und der damit gegebenen methodischen Richtung zur Lösung des zur Diskussion stehenden Problems. Bei den klassischen Theorien über die Evolution und auch in den heutigen Vorstellungen wird äußeren Faktoren das entscheidende Gewicht gegeben. Daher scheint uns die von NAWASCHIN u. a. schon vor über drei Jahrzehnten geübte Kritik an einer unter den Genetikern weit verbreiteten Auffassung immer noch als gerechtfertigt. NAWASCHIN hob hervor, daß die Genetik nur das Stabile kenne. Wenn sie den Mutationsvorgang erklären wolle, so nehme sie Zuflucht zu äußeren Ursachen. Diese bringen jedoch nur insofern etwas Neues, als sie die stabilen Gene in neue ebenso stabile Gene umwandelt. Als die eigentlichen Ursachen der Evolution werden also auch hier (wie beim Lamarckismus) äußere Ursachen angenommen.

NAWASCHIN dagegen war der Auffassung, daß die Mutation nicht etwas dem lebenden System Äußerliches ist. Sie sei vielmehr ein zum Wesen des Lebenden gehörender Prozeß, der *sich in der lebenden Zelle vollzieht*. Er schrieb: „Langjährige Untersuchungen an den Mutationserscheinungen bestärken mich noch mehr in der Ansicht, daß die Erklärung der Mutationen nicht in irgendwelchen spezifischen äußeren Einflüssen, sondern in Verbindung mit den inneren biologischen Gesetzmäßigkeiten des betreffenden lebenden Systems zu suchen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sei. Damit soll nicht gesagt werden, daß das äußere Medium überhaupt keine Rolle spielt. Wir wollen bloß darauf hinweisen, daß jeder äußere Faktor (Strahlung, Temperatur, Chemikalien), auch wenn er den stärksten Einfluß auf die Mutationsrate oder auf die Entstehung von neuen erblichen Qualitäten ausübt, doch nur dann wirksam sein kann, wenn er in die Kette der inneren Gesetzmäßigkeiten des betreffenden materiellen, lebenden Systems eingeschaltet wird. Die Stabilität oder Labilität irgendeines Merkmals wird von Strukturen, die im Laufe der Evolution entstanden sind, bestimmt ...“ (**109**, S. 123).[1] Damals mußte NAWASCHIN noch feststellen, daß die biologischen und physikalischen Grundlagen der mutativen Wirkung von äußeren und inneren Faktoren unbekannt sind, während man heute hierüber Bescheid weiß.

Jedes Objekt hat ein „Außen“ und ein „Innen“. Konnte man in der klassischen Mechanik von der Innenseite der Dinge abstrahieren und nur [380] äußere Ursachen annehmen, konnte auch der Quantenphysiker noch weitgehend von der Innenseite der Objekte abstrahieren, so wird man schon bei der Bearbeitung der Theorie der Elementarteilchen nicht mehr am Begriff der inneren Ursache vorübergehen können. Besonders wichtig wird jedoch der Begriff der inneren Ursache für die Theorie der kollektiven Phänomene, die zum Problem der Entstehung des Lebens führen. Hier ist der Ansatz, wenn die Forderung nach einer tieferen Theorie erfüllt werden soll.

Hier scheint mir auch der Punkt zu sein, wo sich unsere These bestätigt, daß *man dann, wenn man wirklich zur inneren Widersprüchlichkeit der Materie vordringt, und das müssen wir hier, wenn der Entwicklungsprozeß verstanden werden soll, nicht mehr mit anschaulichen Modellen auskommen kann*. Es lassen sich anschauliche Modelle finden für die Konzeption des empirisch begründeten und direkt falschen Neo-Lamarckismus wie auch für die gut begründete Konzeption des Neo-Darwinismus.

Man kann sich einen Automaten vorstellen, dessen innere Verbindungen sich durch Zufallsprozesse (Mutationen) verändern, und wenn das für eine ganze Klasse von Automaten der Fall ist, wird man auch annehmen können, daß der bestangepaßte Automat überlebt. Entsprechend der anderen Konzeption des Lamarckismus wäre dann durchaus auch ein Automat denkbar, der einen „langen Hals“ entwickelt, weil die (Eingabe) Nahrungsmittel so hoch hängen, oder kurze Beine bekommt, weil er so viel rennen muß.

Heute ist es unmöglich, die Tatsache der Entwicklung zu leugnen, wie dies noch zu Zeiten DARWINs geschah. Es steht heute außer Zweifel, daß sich eine solche Entwicklung vom Einzeller bis zum Menschen herauf tatsächlich zugetragen hat. So bleibt andererseits die Frage, welche Ursachen, welche Kräfte für diese Entwicklung verantwortlich sind. Es läßt sich nun zeigen, daß bei dem Versuch einer einseitigen Analyse des Kräftespiels, bei Nichtbeachtung der inneren Ursachen, der Wechselwirkung und des allgemeinen Zusammenhangs, wie bei der Ontogenese, auch hier bei der Frage nach den Triebkräften der phylogenetischen Entwicklung diese nicht voll erfaßt wird und daher geistige Kräfte verantwortlich gemacht werden.

Geht man von einer Konzeption aus, in der man die Materie nicht in ihrer inneren Widersprüchlichkeit erfaßt, geht man also aus vom Materiebegriff der klassischen Physik, so nimmt alles seinen prädeterminierten Verlauf. Echt Neues kann gar nicht auftreten, außer durch das Eingreifen übernatürlicher Kräfte.

Damit findet diese Konzeption ihre logische Ergänzung durch das entgegengesetzte Extrem, nach dem alles Neue auf einer unergründlichen Spontaneität beruhe und damit jeder Fortschritt zu einer weiteren Entwicklungsstufe unbegreifbar bleibt.

[1] In jüngster Zeit wurde auch von LÖTHER (**101**) auf diese Ausführungen hingewiesen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Oft werden sprunghafte, plötzlich auftretende Änderungen der Erbeigenschaften beobachtet, ohne daß dafür eine Ursache nachgewiesen werden kann. Die Tatsache des Auftretens solcher spontaner Mutationen war für positivistisch eingestellte Wissenschaftler Grund genug, auch hier von Akausalität [381] zu sprechen. Man ging dabei vor allem von der Tatsache aus, daß durch Strahleneinwirkung sowie durch die Wirkung bestimmter chemischer Substanzen die Anzahl der Mutationen stark erhöht werden kann, daß hierbei jedoch kein im Sinne des klassischen Determinismus eindeutiger Zusammenhang zwischen einwirkenden Faktoren und den auftretenden Änderungen der Eigenschaften nachweisbar ist.

Die Tatsache, daß die spontanes Mutationsgeschehen auslösenden Faktoren sehr schwierig zu erkennen sind, hat zunächst in der Entwicklung der Mutationsforschung eine Verabsolutierung der zufälligen Seite mit sich gebracht. Dies führte zur Konzeption des Indeterminismus, der Akausalität des Mutationsgeschehens (z. B. JORDAN, **64**-**66**, TIMOFEEFF-RESSOWSKY, **166**).

Innere Bedingungen und Ursachen werden vom Standpunkt positivistischer Erkenntnistheorie ebenfalls geleugnet, so daß wir von hier aus zum angeblich absolut zufälligen, *ursachenlosen* Mutationsgeschehen kommen. „... dann werden wir sagen dürfen“, stellt JORDAN fest, „daß Schöpfung und Entwicklung nicht mehr widerstreitende, gegensätzliche Vorstellungen sind – daß auch die volle Anerkennung der darwinistischen Erkenntnisse es der gläubigen Betrachtung nicht verbietet, in dieser wunderbaren Entfaltung in Jahrmillionen der Erdgeschichte den Schöpfer wirksam zu sehen.“ (**64**, S. 155.)

In Wirklichkeit tritt uns hier im Mutationsgeschehen eine dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall entgegen. Folgen wir einem Beispiel, das von BÖHME (**16**) in diesem Zusammenhang angeführt wurde. Salpetrige Säure reagiert mit der Nukleinsäure, so daß einzelne Stickstoffbasen der DNS desaminiert werden. Das kann zu einer veränderten Basensequenz und damit zu einer Mutation führen. Das Notwendige an diesem Prozeß der Mutationsauslösung besteht darin, daß hier eine Desaminierung und keine andere Reaktion auftritt, daß die Reaktion nicht mit den Phosphorsäuren oder mit dem Zucker stattfindet, sondern eben mit den Stickstoffbasen. Die Zufälligkeit kommt darin zur Geltung, daß von der großen Zahl gleichartiger Basen nur einige wenige desaminiert werden und von diesen nur einige eine solche Veränderung erfahren, daß es zur Mutation kommt. TIMOFEEFF-RESSOWSKY (**166**) verwendet in neueren Arbeiten, darauf macht auch BÖHME aufmerksam, nicht mehr den Begriff der Indeterminiertheit, sondern den des „statistischen Verhaltens“. Das ist mehr als nur ein Austausch von Begriffen. Während Indeterminiertheit Gesetzlosigkeit bzw. das Durchbrechen der Gesetzmäßigkeit bedeutet, wie es aus den Ausführungen von JORDAN recht deutlich wird (er beruft sich in seinen Arbeiten wiederholt auf die Gedanken von TIMOFEEFF-RESSOWSKY), so bedeutet die Tatsache, daß letzterer heute nicht mehr von Indeterminiertheit, sondern von statistischem Verhalten spricht, eben den Schritt in der Erkenntnis, daß es sich hier auch um gesetzmäßige Zusammenhänge handelt, aber um solche eines anderen Typs als die der klassischen Physik. Es sind die probabilistischen Gesetze als Ausdruck der dialektischen Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen.

[382] Den Neo-Darwinisten stehen im Streit um die entscheidenden materiellen Ursachen des Entwicklungsprozesses die Neo-Lamarckisten gegenüber. Sie nehmen einen direkten mechanischen Ursache-Wirkung-Zusammenhang zwischen Organismus und Umwelt an. Schon die Tatsache der *natürlichen Auslese*, die ungerichtete Variationen zur *Voraussetzung* hat, führt zur Widerlegung der mechanischen Determination der individuellen Variation durch die Umwelt. Diese Vereinseitigung der objektiven Wirklichkeit führt zur Verabsolutierung der mechanischen und äußeren *Beziehungen* zwischen Organismus und Umwelt, übersieht aber die inneren Systembedingungen und Ursachen des Organismus, die mechanisch nicht zu determinieren sind, sondern nach Berücksichtigung des Wechselwirkungszusammenhanges

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

verlangen. Entsprechend dem von uns hervorzuhebenden Prinzip der dialektischen Konzeption des Determinismus muß berücksichtigt werden, *daß die äußeren Ursachen nur über die inneren Systembedingungen und inneren Ursachen wirken*. Das Übersehen der inneren Ursachen, Bedingungen und der ganzheitlichen Wechselbeziehungen bedeutet ebenfalls eine Verletzung des Prinzips der Wechselwirkung und des allgemeinen Zusammenhanges. So gibt auch der Neo-Lamarckismus (wollte man dieses Denkmodell überhaupt annehmen) die Möglichkeit des Überganges zum Idealismus. Er wird ergänzt durch den Psycho-Lamarckismus, der innere Beziehungen zuläßt, aber nicht als materielle Faktoren, sondern als geistige.

So sagt TEILHARD DE CHARDIN, „... daß wir hier einer Wirkung gegenüberstehen, die nicht auf äußere Kräfte, sondern auf seelische zurückgeht“, und er fragt dann: „Wenn der Tiger seine Fangzähne verlängert und seine Klauen zugespitzt hat, geschah das nicht gerade deshalb, weil er infolge seiner Abstammung eine ‚Raubtierseele‘ empfing, entwickelte und ererbte?“ Er meint dann selbst zu dieser Konzeption: „Auf den ersten Blick läßt diese Erklärung an die ‚Kräfte‘ der Scholastik denken.“ (**165**, S. 136)

*Wir sehen an diesen Ausführungen deutlich, daß in der Tat die Frage nach den Ursachen der phylogenetischen Entwicklung ein entscheidender Punkt in der Auseinandersetzung zwischen Materialismus und Idealismus in der Biologie ist.*

Mutationen sind nach unseren heutigen Erkenntnissen Veränderungen an den Nukleinsäuren. Durch physikalische oder chemische Einwirkungen werden Mutationen ausgelöst, indem eine Veränderung an den Nukleinsäuremolekülen herbeigeführt wird, die sich bei der nachfolgenden Basenpaarung während der Reproduktion auswirken. Kommt es z. B. zu Basenpaarungsfehlern, dann wird in das Proteinmolekül, das entsprechend der Information dieses DNS-Abschnittes synthetisiert wird, eine andere Aminosäure eingebaut, als vor der Veränderung eingebaut wurde. Dadurch werden in sehr vielen Fällen die Eigenschaften der Proteine wesentlich verändert. Wir wiesen schon auf das Beispiel der Sichelzellenanämie hin.

Diese veränderten Eigenschaften des lebenden Systems sind, sofern es dann überhaupt noch lebensfähig ist, erblich.

[383] Die Faktoren, die zu einer Veränderung der Basenfolge im DNS-Molekül führen, wirken unspezifisch bezüglich der dabei entstehenden neuen Information für die Eiweißsynthese. Die veränderten Nachkommen der Zelle zeigen daher zufällige Veränderungen. Gäbe es eine Vererbung erworbener Eigenschaften, so müßte man im molekularen Bereich *eine gerichtete, spezifische Änderung der Basenfolge im Nukleinsäuremolekül* nachweisen können. Die bisherigen Untersuchungen konnten hierfür jedoch noch keinen Nachweis erbringen. Die Anerkennung des von DARWIN formulierten Prinzips der Auslese allein brachte aber auch nicht sofort ein Verständnis der Evolution als eines dialektisch determinierten Prozesses. Man muß sich bewußt machen, daß die Grundlage der Evolution der dialektische Prozeß des Zusammenwirkens von Mutation und Selektion wie auch von Variabilität und Strukturiertheit ist. Dabei ist wesentlich, daß der Zufall nicht, wie häufig dargestellt wird, nur dem Mutationsprozeß innewohnt, sondern auch im Selektionsprozeß ein statistisches Moment vorhanden ist und daß andererseits auch im Mutationsprozeß mit seinen Regulationen auf der molekularen Ebene ein gewisses Moment der Notwendigkeit liegt.

Eine dialektische und materialistische Haltung verlangt zunächst die Anerkennung des universellen Zusammenhanges und des Prinzips der Wechselwirkung, zwischen Organismus-Umwelt und innerhalb des Organismus. *Sie verlangt die Anerkennung des Organismus als relativ selbständiges, hochkomplexes System, dessen Elemente selbst wieder komplexe Systeme darstellen, die untereinander und zum Gesamtsystem funktionell und strukturell in widersprüchlichen wechselseitigen Beziehungen stehen*. Die informationellen Beziehungen sind auf Grund der strikten Arbeitsteilung zwischen Nukleinsäure und Protein, der Irreversibilität

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

der Übersetzung nicht umkehrbar. Wechselwirkungen zwischen Eiweißen und Nukleinsäuren kommen in variablen Genexpressionen und fehlerfreier oder fehlerhafter Replikation zum Ausdruck.

*Lebende Systeme sind in der Lage, das Auftreten spontaner Mutationen zu regulieren, Schäden an ihrem genetischen Material zu reparieren.* Mutationen (die zufälligen Veränderungen) sind daher dem Lebensprozeß nicht etwas Äußeres, sondern gehören zu seinem Wesen.

Die Wechselwirkungen von Proteinen mit Nukleinsäuren regulieren Replikation, Transkription und Translation des genetischen Materials und sind somit Schlüsselprozesse für Vermehrung, Wachstum, Differenzierung und Altern komplexer Systeme sowie für Konstanz und Variabilität auf genetischer Ebene als einer Grundlage der Evolution der Lebewesen.

Die Erhöhung des Informationsgehaltes eines lebenden Organismus allein durch Informationsgewinn aus der Umwelt zu erklären, ist offensichtlich mit der hier vertretenen Konzeption nicht vereinbar. Wenn das so wäre, wenn keine wirklich neue Information entstehen würde, hätte die Information schon ewig auf der Erde und zuvor in den Urnebeln existieren müssen. Natürlich gibt es Momente der Evolution, wo wirklich eine Informationsübertragung aus der Umwelt stattgefunden hat, wobei die Information aus [384] der Umwelt in strukturelle Einzelheiten des lebenden Organismus transformiert wurde. Aber ist das wirklich alles? Wir vertreten hier, der Auffassung von ELSASSER folgend, die Meinung, daß ein großer Teil des Informationsgehaltes des lebenden Organismus endogenen Ursprungs ist.

Entwicklung ist ein Prozeß des Hervorbringens und Überwindens von Widersprüchen, die die Quelle der Selbstbewegung sind. Entwicklung ist ein Prozeß, der über qualitative Sprünge von Stufen niederer zu Stufen höherer Komplexität, Differenziertheit und Zentralisiertheit führt.
Entwicklung ist ein Prozeß, bei dem das Neue nur aus dem Alten entstehen kann und doch das Neue von dem Alten qualitativ unterschieden ist, ein Prozeß also, der dem Prinzip der Negation der Negation folgt.
Entwicklung ist immer mit Entropieabbau auf Kosten der Umwelt verbunden. Der Aufbau von Strukturen (Ordnung) ist immer mit einem Auswahlprozeß verbunden, um auswählen zu können, bedarf es jedoch der Information. *Die Entstehung und Entwicklung des Lebens ist nach dem Gesagten entscheidend bedingt durch die Entstehung und Ansammlung übertragbarer Informationen.*
Unser Problem war nun, ob der Informationsgewinn nur durch einen Import aus der Außenwelt erfolgen kann, oder ob auf der Grundlage einer intensiven Wechselwirkung mit der Umwelt auch eine endogene Informationsvermehrung, Prozesse in denen Informationen entstehen, möglich erscheinen.
Für die phylogenetische Entwicklung ist die Vermehrung und Bereicherung der genetischen Information entscheidend. Bei der Entwicklung einzelner lebender Organismen spielt auch die Sammlung durch Lernprozesse eine entscheidende Rolle.
Sprechen wir von der phylogenetischen Entwicklung, so bezeichnen wir als neue Information des Neuauftretens von Nukleinsäureinformationen zur tatsächlichen oder potentiellen Synthese bis dato nicht codierter Eiweiße. Hinsichtlich einer für die phylogenetischen Prozesse wesentlichen Zunahme von Nukleinsäureinformation könnten vielleicht folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

1. Ungerichtete Entstehung von Polynukleotiden kann im Urozean eine gewisse Bedeutung erlangt haben. Beim Vorliegen sinnvoller Informationen entstehen programmierte Systeme mit einer hohen Überlebenschance.
2. Vervielfachung und Vermehrung vorhandener Informationen, z. B. Diploidisierung, Zygotisierung, Kombinationen von Chromosomenteilen oder ganzen Chromosomen, Rekombination, Virustransduktion.
3. Eiweiße (Synthetasen, Polymerasen und Replikasen) wirken modifizierend auf vorhandene Polynukleotide Dieser Einfluß auf die Basenpaarung wird quantitativ jedoch nicht über den einer Mutation hinausgehen, da aus sterischen Gründen immer nur die Matrize reproduziert wird. Da bei vorhandener Matrize nur das Komplementäre entstehen kann und aus Gründen der Wahrscheinlichkeit sich ein das Eiweiß (z. B. die Polymerase) verändernder Faktor nur auf einen kleinen Teil der vorhandenen Proteinpopulation beziehen kann, wird ein auf diesem Wege erreichter Informationszuwachs oder eine Informationsveränderung zufälligen Charakter tragen.
4. Eine bekannte Möglichkeit ist der direkte mutierende Einfluß – chemische und physikalische Mutagenese – endogener (und exogener) Art, die spontane und induzierte Mutagenese.
5. Die Mutationstheorie bleibt befriedigend sowohl vom Standpunkt der Wahrscheinlichkeit als auch auf Grund der bisherigen Ergebnisse der evolutionären Biochemie. So schreibt RAPOPORT: „Diese Vorstellung, daß durch Einzelmutationen, durch Ver-[385]änderungen an dieser oder jener Stelle in einer DNS-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

> Kette, in irgendwelchen endlichen Zeiträumen neue Eiweiße mit völlig neuen Eigenschaften entstehen könnten, ist ebenso unwahrscheinlich wie es LECOMTE DU NOÜY dargestellt hat. Die Schwierigkeit wird noch größer, wenn wir daran denken, daß es nicht um die Bildung einzelner Eiweiße, sondern um den Erwerb von koordinierten Stoffwechselketten geht, die selbst im einfachsten Fall in einem Operon eine beträchtliche Anzahl von Genen umfassen, wozu dann noch vielfältige andere Beziehungen treten. Die Vorstellung einer gleichzeitig koordinierten Veränderung durch ein stochastisches, d. h. statistisch zufälliges Ereignis, grenzt an eine glatte Unmöglichkeit. Auch die bisherigen Analysen geben wenig Anlaß zu der Vermutung großer Variabilität einmal entwickelter funktionell bedeutungsvoller Systeme“ (**134a**). Es wurde geschätzt, daß die für die Abänderung einer Aminosäure notwendige Zeit mehr als 10 Millionen Jahre beträgt.
>
> Diese Ergebnisse ebenso wie die vorgetragenen statistischen Überlegungen führen RAPOPORT zu dem Schluß, „daß die Hauptwirkung der Mutations- und Selektionsprozesse darin besteht, ein einmal entstandenes Eiweiß zu modifizieren, vielleicht durch Punktmutationen und Deletionen seine Struktur optimal adäquat zu machen, d. h. zu verfeinern, nicht aber neu zu schaffen. Das Prinzip der Strukturiertheit erfordert m. E. die Erkundung neuer Gesetzmäßigkeiten. Offensichtlich müssen echte qualitative Sprünge möglich sein, in denen nicht eine Vielzahl von Einzelvariationen erprobt wird, sondern eine koordinierte Veränderung eintritt, wobei ganze Stoffwechselketten, durch die neue Eigenschaften bedingt werden, auf einmal auftreten. Es müßten Beziehungen innerhalb der DNS zu finden sein, die die Bildung von Genkomplexen von ganzen Operonen weitgehend begünstigen. Es ist denkbar, daß diese qualitativen Veränderungen nur in einem engen Wechselspiel mit Einflüssen der Umgebung zustande kommen. Die Zeit allein erweist sich bei näherer Betrachtung als nicht ausreichender Faktor, um den evolutionären Prozeß zu begreifen, wenn wir nicht die von mir angedeuteten koordinierten qualitativen Veränderungen ins Auge fassen.“ (**134a**)

Alle diese Möglichkeiten können nur als Population, als Art bzw. Gattung Gewicht bekommen, nicht als zufälliges Einzelwesen, und zwar auf dem Wege der Selektion des Vorteilhaftesten, des Überlebens, der der jeweiligen Situation am besten entsprechenden Möglichkeiten. Sie erhalten also nur über die Phylogenese Gewicht.

Evolution (phylogenetische Entwicklung) bedeutet das Auftreten eines neuen Informationsgehaltes in einer Klasse von Organismen. Wir haben ständig die These vertreten, daß Automaten keine neuen Informationen schaffen können. Von hier aus müßte es verständlich sein, warum uns die relativ einfachen mechanistischen Modelle kein volles Verständnis bringen können und ROTHSCHUH (**138**) daher mit Recht eine tiefere Theorie zum Verständnis der phylogenetischen Entwicklung fordert.

Der Informationsgehalt des lebenden Organismus steht in Beziehung zur Umwelt, doch ist das Problem nicht, wie weitgehend angenommen wird, zufriedenstellend in Begriffen dieser Wechselwirkung formuliert. Entscheidend sind innere Ursachen. Während ein Teil der Information möglicherweise aus der Umwelt kommt, ist anzunehmen, daß der überwiegende Teil endogenen Ursprungs ist.

Ausgehend von der hier vertretenen Determinismuskonzeption, die der Kategorie des Neuen einen entscheidenden Platz zukommen läßt, d. h. aus-[386]gehend von der Anerkennung der objektiven Existenz des Zufalls, und zwar in seiner dialektischen Einheit mit der Notwendigkeit in der objektiven Möglichkeit, läßt sich dieser Standpunkt vertreten. Es wurde hervorgehoben, daß probabilistische Gesetzmäßigkeiten, die die Kategorie der Möglichkeit enthalten, die innere Widersprüchlichkeit der Materie, die sie zur Selbstbewegung befähigt, widerspiegeln und daß die Materie in ihren Möglichkeiten noch nicht erschöpft ist.

*Ausgehend von dieser Konzeption ist es ganz natürlich, daß es zur Verwirklichung immer neuer Möglichkeiten kommt. Das kann in verschiedenen konkreten Fällen zu einem Verlust an Spezifität, zu einer statistischen Verteilung, zur Erhöhung der Entropie und zum Verlust an Information führen. Verbindet man diesen Vorgang jedoch mit einem Ausleseprinzip, so kann in dem ausgelesenen Teil der Wirklichkeit eine Erhöhung des Informationsgehaltes bzw. der Abbau der Entropie eines Lebewesens eintreten*. Das ist die entscheidende Aussage, zu der schon DARWIN für die phylogenetische Entwicklung der Organismen gelangte.

Durch ihre Vermehrung verdrängen die aktiveren Lebewesen, welche die Quellen der Umwelt für Leben, Wachstum und Fortpflanzung besser ausnützen können, die weniger aktiven Lebewesen. Die stabileren Lebewesen, die in der Lage sind, ihre wesentlichen Variablen ge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

genüber störenden Einwirkungen innerhalb physiologischer Grenzen zu halten, verdrängen die weniger stabilen. ASHBY hat gezeigt, daß die Konzeption des Überlebens in eine exakte Beziehung zur Stabilität von Systemen gebracht werden kann.

In beiden Fällen, beim aktiveren wie beim stabileren lebenden System, verdrängt eine Organisationsform mit niederem Entropieniveau eine solche mit höherem, so daß in der Tat die Auslese zu einer Differenzierung der Regulationssysteme führt und damit zu einer Erhöhung der Stabilität und einem Abbau der Entropie.

*Progressive Evolution beruht also auf der Verwirklichung immer neuer Möglichkeiten mit der Auslese der geeignetsten Möglichkeit durch den Kampf ums Dasein.*

Jene komplizierten Wechselbeziehungen zwischen Organismus und Umwelt, welche von DARWIN als Kampf ums Dasein bezeichnet wurden und deren Ergebnis die natürliche Auslese ist, können unter kybernetischem Gesichtspunkt als der wichtigste Regulationsmechanismus der Evolutionsvorgänge angesehen werden. Dies hat SCHMALHAUSEN in mehreren Veröffentlichungen deutlich werden lassen. Er schreibt: „DARWIN war also offenbar der erste Forscher, der nachwies, daß die Organisation des Systems mit seinen inneren Kräften massenhafte zufällige Erscheinungen in einen Strom von gesetzmäßigen, streng gerichteten Prozessen lenkt. Diese These erlangte besonders große Bedeutung in der modernen Physik.“ (**144**, S. 902.)
Auswahl der geeigneten Möglichkeit durch den Kampf ums Dasein heißt also, daß die Lebewesen, denen es z. B. gelingt, die im Nährmedium angebotenen Nährstoffe besser auszunutzen, die die für ihre Verwertung notwendigen Enzyme bilden können, am Leben bleiben, sich vermehren, während die anderen, die dies nicht vermögen, zugrunde gehen. Die Zunahme der Information erfolgt *auf Kosten* der Umgebung, d. h. der im Kampf ums Dasein aussterbenden Varianten. Die Vervollkommnung lebender Systeme in der phylogenetischen Entwicklung ist also zweifellos das Resultat der natürlichen Auslese.

[387] Unmittelbar nachdem MONOD den Konservatismus in der Ontogenese so hervorgehoben hat, zeigt er dann selbst, wie in Wirklichkeit in der Evolution dieser Konservatismus durch mikroskopische und zufällige Veränderungen überwunden wird. Er zeigt, wie der Zufall eine Grundlage der Evolution ist. In der Tat kann ohne die Existenz des objektiven Zufalls nichts wirklich Neues in der Natur entstehen. Das war und ist unser Hauptargument für eine dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption auch in der Biologie, gegenüber einer doch weitgehend noch vorherrschenden mechanistischen Determinismuskonzeption. Da MONOD diese richtige Erkenntnis jedoch verabsolutiert, den Zufall von der Notwendigkeit trennt, ihn, und dies ist doch wohl das Entscheidende, als etwas dem eigentlichen Lebensprozeß gegenüber Äußeres versteht, gewinnt er hieraus sein zweites Argument gegen die Dialektik.

Wir haben gesehen, daß mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit bei der Verknüpfung von Nukleinsäurebausteinen im Prozeß der identischen Verdopplung der DNS Fehler auftreten. Dabei betonten wir, daß es sich um innere Ursachen für plötzlich auftretende sprunghafte Veränderungen von Erbeigenschaften handelt, weitere Ursachen von Mutationen aber auch in den Wechselwirkungen von Faktoren der äußeren Umwelt (Strahlen, mutagene chemische Verbindungen) mit dem Eiweiß-Nukleinsäure-System zu suchen sind.

Wir betonten die Bedeutung innerer Ursachen, daß Mutationen zum Wesen des Lebens gehören und nicht nur als etwas dem lebenden System von außen Aufgezwungenes angesehen werden können, zuvor (in der 1. Auflage) im wesentlichen nur in Gegenüberstellung zu einer möglichen, m. E. jedoch mechanistischen Denkvorstellung, dem anschaulichen Modell eines sich entwickelnden technischen Automaten. Wir wollten nur deutlich machen, daß die Evolution mit einem Denkmodell, das am technischen Automaten orientiert ist, gerade weil ihm der Zufall nicht inhärent, sondern nur etwas Äußeres ist, nicht voll erklärbar ist. Mit den Darlegungen von J. MONOD erhält diese Diskussion konkrete und noch grundsätzlichere Bedeutung. Es ist deutlich, daß er dem Denkmodell des technischen Automaten folgt, wenn er formuliert: „Das ganze Konzert der lebenden Natur ist aus störenden Geräuschen hervorgegangen.“ (**106a**, S. 149.) Zufall wird nur als störendes Element gesehen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Ursache jedes einzelnen Schrittes der Evolution ist, wie wir sahen, in der Tat ein Übersetzungsfehler, der aus der Sicht des allein sich notwendig vollziehenden „normalen“ Ablaufs des Lebensprozesses als „Störung“ bzw. als Rauschen angesehen werden muß. J. MONOD ist dann nur konsequent, wenn er feststellt: „Aber wo BERGSON deutlich den Beweis sah, daß die Evolution das Prinzip des Lebens sei, erkennt die moderne Biologie dagegen, daß alle Eigenschaften des Lebewesens auf einem grundlegenden Mechanismus der molekularen Erhaltung beruhen. Für die moderne Theorie ist die Evolution keineswegs eine Eigenschaft der Lebewesen, da sie ihre Ursache gerade in den Unvollkommenheiten des Erhaltungsmechanismus hat, der allerdings ihren einzigen Vorzug darstellt.“ (**106a**, S. 146.)

[388] An dieser Stelle müssen wir kurz einen Blick auf die Beziehungen zwischen den Individuen einer Art und vor allem aber auf das Verhältnis von Individuum und Art werfen.

Letzteres könnte sein:

a. Eine Abstraktion; wobei insbesondere der Artbegriff durch Definition von Taxonomen konstruiert ist. Durch Untersuchungen an vielen Individuen wird zum Zwecke eines besseren Auffindens und zur Klassifikation von Individuen, der Prototyp der Art beschrieben, den es konkret gar nicht gibt, sondern der nur als Allgemeines im einzelnen real existiert.
b. Eine objektive Realität; im Sinne einer spezifischen überindividuellen Organisationsebene des Lebens.

Bei höheren Lebewesen ist die Zuordnung von Individuen zu einer Art auch molekularbiologisch begründbar, weil z. B. nur innerhalb von Mitgliedern einer Art fruchtbare Kreuzung erfolgen kann. (Noch höhere Organisationsformen des Lebens als real existierend im Sinne einer Befähigung von Wechselwirkungen solcher Ebenen und mit der Umwelt anzunehmen, ist nicht mehr berechtigt, sie sind Abstraktionen, Ausdruck des Allgemeinen im einzelnen.)

Wenn man akzeptiert, daß die Art eine objektiv reale grundlegende Existenzform des Lebens ist, man ausgeht von der Existenz qualitativ sich unterscheidender Organisationsebenen des Lebenden und ihrer Hierarchie, so ist es möglich, die Art als eine selbständige überindividuelle Organisationsebene, als Träger und Ergebnis der Evolution zu verstehen.

Die Evolution ist dann überhaupt nicht mehr ausschließlich von der Betrachtung des Individuums her zu verstehen, wenngleich molekulare Ereignisse im Einzelorganismus sie in Gang setzen. Die Weiterführung des Prozesses erfolgt in Generationen von Nachkommen und unter Beteiligung vielfältiger Wechselbeziehungen zwischen Individuen der Art. Erwähnt seien hier die sexuellen und Rekombinationsprozesse, die „Erprobung“ von Genvarianten in neuen Genkombinationen und die damit verbundene Bewertung erblicher Veränderungen im Sinne eines Vorteils oder Nachteils bei der Fortpflanzung erst im Laufe längerer Zeiträume usw. In den Beziehungen des Lebenden zum Lebenden liegen die entscheidenden Ursachen einer progressiven Evolution. Die biologischen Beziehungen sind zugleich natürlich auch unmittelbares Ergebnis der Selektion. Aus dieser Sicht wird verständlich, daß der Vergleich der Selektion mit einem Sieb, das nützliche genetische Variationen zurückhält und schädliche durchfallen läßt, nur eine grobe mechanische Analogie sein kann. Die Selektion ist jener schöpferische Faktor der über eine Reihe von Generationen neue Arten herausbildet.

Mutationsgeschehen und Selektion sind die zwei miteinander eng verbundenen Prozesse, von denen die Entstehung neuer Formen abhängt. Um ihr Zusammenwirken zu verstehen, gilt es, die objektive Verschiedenheit, aber auch die gegenseitige Abhängigkeit der Gesetzmäßigkeiten auf der Ebene der Art und auf der Ebene des Organismus zu berücksichtigen, die Spezifik und [389] gegenseitige Bedingtheit genauer zu analysieren. Der Prozeß des Auftretens von Mutationen als ein sich auf der Ebene des einzelnen Organismus vollziehender Prozeß ist die Quelle der erblichen Variation. Die Variation ist die unerläßliche Quelle der Evolution, die DARWIN als Selbstverständlichkeit hinnahm. Der Übergang der genetischen Variabilität in

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

den Evolutionsprozeß ist im wesentlichen ein Übergang von der Dynamik vorwiegend individueller Objekte der niederen Organisationsebene zu der nur der Art eigenen Dynamik, einer Dynamik stark probabilistischen Charakters. *Träger und Grundeinheit des Evolutionsprozesses sind*, wie insbesondere F. ČÍŽEK und D. HODANOVÁ (**22c**) nochmals deutlich gemacht haben, die Art Systeme, die auf der Ebene des einzelnen Organismus bestehen, sind zu einer selbständigen evolutionären Entwicklung nicht befähigt. Auf dieser Organisationsebene vollzieht sich wie gesagt ein anderer Prozeß – die genetische Variabilität.

J. MONOD betrachtet solche komplizierten Verhältnisse nur ungenügend, wenn er, wie oben zitiert, meint, daß die moderne Theorie Evolution nicht als Eigenschaft des Lebens kenne.

Der Organismus ist in der Tat zwar Träger des Lebens, aber für sich allein nicht Träger der Evolution. Die Art besteht nicht außerhalb der Individuen, als besondere objektiv real existierende Organisationsform von Systemen der niederen Ebene läßt sie sich jedoch auch nicht auf den Einzelorganismus reduzieren. Es zeigt sich hier eine spezielle Dialektik von Allgemeinem und Einzelnem, von Teil und Ganzem im Evolutionsprozeß. Die Vereinseitigung der einen oder der anderen Seite kann weitgehende, letztlich nachteilige, theoretische und methodologische Folgen haben.

Die Dialektik beschäftigt sich mit solchen Zusammenhängen, die durch „Aufhebung von vorangegangenen Isolierungen“ (vgl. P. RUBEN, **138b**) zustande kommen. Abstrakte Zusammenhänge sind nicht Gegenstand der Dialektik, sondern im allgemeinen Gegenstand der Mathematik und der mathematisierten Einzelwissenschaften. Die Zusammenhänge, die von der Dialektik untersucht werden, sind solche, „die als Zusammenhang von Sein und Wirken der Dinge erfaßt werden, wo die in der Abstraktion vorgenommene Isolierung des Seins vom Wirken und Werden aufgehoben ist und man deshalb vom Abstrakten zum Konkreten“ (MARX, **103**) aufsteigen muß. Wenn man also von vornherein bei der Abstraktion stehenbleibt, dann wird man auch keine dialektischen Zusammenhänge in den Lebensprozessen finden können, insbesondere nicht die komplizierten Beziehungen zwischen Art und Individuum usw., wie sie in der Evolution existieren, erkennen.

Um die Lebensprozesse voll zu verstehen, kann man nicht bei der Abstraktion verharren. Betrachtet man den konkreten Prozeß der Evolution als Selbstorganisation, dann treten uns Zufall und Notwendigkeit von vornherein als zwei Seiten dieses einheitlichen Prozesses entgegen.

1. Wir können nur nochmals hervorheben, daß heute gesichert ist, daß die Struktur der die DNS synthetisierenden Enzyme, die durch erbliche Veränderungen selbst variiert werden kann, die Zufallsrate der Mutationen [390] beeinflußt. Bisher jedoch wurde allein äußeren Faktoren bei der Betrachtung der Entwicklung Gewicht beigemessen.

Offenbar muß man aber auch im Mutationsprozeß das Element des Möglichen und nicht nur des rein Zufälligen in Betracht ziehen. So können Häufigkeit und Lokalisation genetischer Veränderungen vom Organismus in gewissen Grenzen reguliert und ein Optimum in der Evolution herausgebildet werden. Dies scheint doch die von uns vertretene These zu bestätigen, daß die Höherentwicklung mehr bestimmt wird durch das innere Wesen des lebenden Systems, durch spezifisch biologische Gesetze.

Damit wird nicht nur auf die äußeren, sondern besonders auf die inneren Widersprüche, auf die innere Dynamik des Organismus orientiert, die nach der Konzeption des dialektischen Materialismus die entscheidenden Triebkräfte jeder Entwicklung sind. Akzeptiert man dies, so braucht man, um die Dialektik des Lebens zu beweisen, nicht wie LYSSENKO, Kronzeuge MONODs für die „widerlegte“ Dialektik, ständig nach einer direkten und gerichteten Einflußnahme der Umwelt zu suchen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

2. Die Zufälligkeit derartiger molekularer Ereignisse wäre jedoch für sich allein genommen nicht ausreichend für das Zustandekommen veränderter erblicher Eigenschaften in einem beträchtlichen oder überwiegenden Teil einer Population. Hierzu bedarf es eines weiteren Faktors, der sehr komplexer Art ist, nämlich der Auslese (Selektion) der am besten durch die erbliche Veränderung an eine sich wandelnde Umwelt angepaßten Lebewesen. In seinem Vorwort zu dem Buch von MONOD sagt M. EIGEN: „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 ... 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 ‚Notwendigkeit' gleichberechtigt neben den ‚Zufall' treten, sobald für ein Ereignis eine Wahrscheinlichkeitsverteilung existiert und diese sich – wie in der Physik makroskopischer Systeme – durch große Zahlen beschreiben läßt ... 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!" (**30d**)

Die Ergebnisse der Molekularbiologie bestätigen also die objektive dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall und können nicht zur Widerlegung der Dialektik in Natur, Gesellschaft und im Denken herangezogen werden. [391]

### 10.8. Selbstorganisation und Evolution der Makromoleküle

Wir beginnen jetzt zu verstehen, wie Leben entstanden ist. Dies wird besonders deutlich angesichts der beeindruckenden Arbeit zur Theorie der Primärevolution, wie sie von Nobelpreisträger MANFRED EIGEN (**30c**) vorgelegt wurde. Sie bietet eine exakte physikalisch-mathematische Grundlage der DARWINschen Evolutionstheorie; die bisherigen Erkenntnisse anderer Forscher, wie die des Pioniers auf diesem Gebiet, OPARIN (**117a**), und die von SCHRAMM (**146**) lassen sich zwanglos einordnen.

Es ist eines der großen Verdienste OPARINs, daß er schon zu einer Zeit, als dies noch nicht selbstverständlich war, die Bedeutung hochmolekularer Stoffe für die präbiotische Evolution betont hat. Lebende Systeme müssen hochmolekulare Stoffe enthalten, da ihre gegenseitigen Wechselwirkungen sonst zu gering wären und sie auseinanderdiffundieren würden. Es folgte die Erkenntnis, daß für das Verständnis der Lebensvorgänge die in den Nukleinsäuren gespeicherte Information wesentlich ist und es daher entscheidend ist, zu verstehen, wie der Plan für den Aufbau eines Lebewesens entstanden ist.

Wie wir in den vorangegangenen Kapiteln sahen, können wir uns heute auch schon bestimmte Vorstellungen von dem elementaren Widerspiegelungsmechanismus auf molekularem Niveau machen. Es ist jedoch noch schwer zu beantworten, wie die Programme zur Herstellung solcher Moleküle entstanden sind. G. SCHRAMM schreibt zu diesem Problem: „Alle Lebewesen entstehen nach einem vorgegebenen Plan. Es scheint mir, daß jede Hypothese über die Entstehung des Lebens unbrauchbar ist, die den Ursprung dieser Pläne, d. h. des geistigen Konzepts, nicht erklären kann. Es genügt daher nicht zu zeigen, daß Nukleotide überhaupt zu hochmolekularen Nukleinsäuren zusammentreten, sondern die weit wichtigere Frage ist, wie der Informationsgehalt dieser Nukleinsäuren zustande gekommen ist." (**146**, S. 12.)

Die unbestrittene Tatsache der Evolution zwingt uns zu der Annahme, daß der Informationsgehalt des Lebewesens zu Beginn einfacher war und dann immer komplizierter wurde. Will

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

man hier zu weiterführenden Erkenntnissen kommen, gilt es, den molekularen Träger dieser Information genauer zu untersuchen. Will man ergründen, wie der Plan für den Aufbau eines Lebewesens entstanden ist, sind vor allem zwei Fragestellungen zu unterscheiden:

1. Wie konnten unter einfachen geologischen Bedingungen Nukleotide zu hochmolekularen Polynukleotiden zusammentreten?
2. Wie konnte dabei eine sinnvolle Anordnung zustande kommen, also eine Struktur, die einen Informationswert besitzt?

Auf die erste Frage geben die Versuchsergebnisse von SCHRAMM und Mitarbeitern schon eine befriedigende Antwort. Ihre Arbeiten über die nicht-[392]enzymatische Synthese von Polynukleotiden stellt einen bedeutenden Schritt zur Klärung der Entstehung des Lebens dar. G. SCHRAMM und Mitarbeitern ist es gelungen, eine einfache chemische Bildungsweise für die Vereinigung von Nukleotiden zu Nukleinsäuren zu finden. Sie ist so einfach, daß sie den geologischen Verhältnissen der früheren Erdgeschichte entsprechen könnte. Allerdings erhielten sie, wie SCHRAMM mitteilt, bei ihren Reagenzglasversuchen immer nur eine zufällige Reihenfolge der Nukleotide, die, biologisch gesehen, sinnlos ist. Daraus ergibt sich nun die noch wichtigere Frage, wie kann man die Polykondensation so lenken, daß bestimmte Folgen von Nukleotiden zustande kommen?

SCHRAMM wendet sich gegen die auch von OPARIN widerlegte, aber doch noch weitverbreitete Auffassung, daß sich in der primären Nährlösung quasi plötzlich auf Grund eines glücklichen Zufalls speziell organisierte Nukleinsäuremoleküle gebildet hätten, sozusagen „Lebens-Moleküle“, die von Anbeginn voll funktionsfähig gewesen wären. Er weist richtig darauf hin, daß zu Beginn in der Lösung organischer Substanzen nur Polymere entstehen konnten (z. B. Polypeptide und Polynukleotide), die aus mehr oder weniger unregelmäßig angeordneten monomeren Strukturen bestanden und sich erst im Prozeß der evolutionären Vervollkommnung jene besondere Übereinstimmung von intramolekularer Struktur und biologischer Funktion herausgebildet hat, wie dies für die später entstandenen Eiweiße und Nukleinsäuren charakteristisch ist. Ein zufälliger Zusammenschluß von etwa 6000 Nukleotiden zu einer Virusnukleinsäure z. B. würde auch völlig ohne Wirkung bleiben, wenn die gewonnene Information nicht an die Nachkommen weitergegeben werden könnte. Es wird damit deutlich, daß eine Entwicklung zu höheren Organisationsformen erst durch die Entstehung *vermehrungs- und mutationsfähiger* Systeme möglich wird.

Im Verlaufe der Zeit werden diejenigen Systeme einen Selektionsvorteil haben, die sich am schnellsten und am sichersten vermehren. Durch eine schrittweise Verbesserung und anschließende Auslese kann man zu thermodynamisch unwahrscheinlichen Systemen gelangen. Daher wurde von SCHRAMM und Mitarbeitern speziell die Frage untersucht, ob es nicht molekulare Strukturen gibt, die in der Lage sind, Informationen zu sammeln und diese an ihre Nachkommen weiterzugeben.

Bei den heutigen Lebewesen wird der Polykondensationsprozeß durch Matrizen gelenkt, so daß eine bestimmte Reihenfolge von Nukleotiden zustande kommt. Es entsteht eine Antimatrize, die beim nächsten Vermehrungsschritt wieder die eigentliche Matrize liefert. Dieser Vermehrungsvorgang ist sehr genau, doch läßt er gewisse Mutationen zu, so daß eine Voraussetzung für evolutionäre Prozesse gegeben ist. SCHRAMM versuchte nun, die von ihm und seinen Mitarbeitern gefundene nichtenzymatische Polymerisation von Nukleotiden ebenfalls durch Matrizen zu lenken. Dabei hatten sie einen gewissen Erfolg. Es gelang ihnen, die Polymerisation von Uridylsäure zu Polyuridylsäure sehr stark zu beschleunigen, wenn sie dem Reaktionsgemisch die nach dem Matrizensystem komplementäre Polyadenylsäure hinzufügten. Dies zeigte, daß es auch ohne Enzyme möglich ist, einen Polymerisationsvorgang zu lenken. Gelangt man zu Matrizen, die sich gegenseitig in ihrer Bildung beschleunigen und damit zu einer Konkurrenz zwischen Matrizenpaaren untereinander, so werden sich diejenigen durchsetzen, die sich am schnellsten vermehren können. Es ergibt sich also ein molekulares System, bei dem durch Variation und Selektion eine gewisse Evolution zu immer komplizierteren Formen möglich ist. Es zeigt sich hier ein elementarer Darwinismus auf molekularem Niveau.

[393] Durch Zugabe der jeweils komplementären Nukleinsäure gelang es nun, die ungeordnete Polymerisation zu steuern. Dabei zeigte es sich, daß zufällige, kleine Vorteile hinsichtlich der Bildungsgeschwindigkeit bestimmter Matrizenpaare zur bevorzugten Bildung gerade dieser Matrize führten, d. h., daß vorteilhafte molekulare Eigenschaften gewissermaßen vererbt wurden. Damit ist ein molekulares System nachgewiesen, daß die Fähigkeit zur Ansammlung übertragbarer Informationen besitzt und die Möglichkeit zur Höherentwicklung bietet.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Offensichtlich wurde der erste Problemkreis, die Bildung von biologisch interessanten Polymeren (die Funktionen erfüllen, die Monomere noch nicht realisieren können, wie z. B. als Matrize dienen für die Replikation oder Synthese anderer Moleküle) durch eine ganze Reihe von Arbeiten immer besser aufgeklärt.

Der zweite Problemkreis, die Klärung der weiteren Entwicklung eines solchen Systems, bei dem die biologisch wesentlichen, zur Replikation fähigen Moleküle schon gegeben sind, wurde jedoch jetzt erst durch die schon erwähnte Arbeit von M. EIGEN wesentlich vorangetrieben. M. EIGEN formuliert eine Theorie der Selbstorganisation der Materie und begründet, wie Information als Werteigenschaft in einem sich reproduzierenden Materiesystem entstehen kann. Wie er zeigt, erlaubt ein physikalisch eindeutig definierbarer Selektionswert die Selbstbewertung des Systems und entscheidet über die Erhaltung und weitere Evolution eines durch Zufall entstandenen Informationsgehaltes.

Die Theorie der Selbstorganisation der Materie von M. EIGEN leistet einen wichtigen Beitrag, die Gesetzmäßigkeit der Evolution zu verstehen. In dieser Theorie spielt der Zufall eine wichtige Rolle, jedoch nicht im Sinn eines absoluten Zufalls, sondern in dialektischer Einheit mit der Notwendigkeit. Es wird deutlich, daß der Zufallsstart nicht so gedeutet werden darf, als ob das erste Lebewesen durch eine rein zufällige Kombination seiner Bausteine entstanden sei. Es zeigt sich vielmehr, daß das, was man im metaphysischen Denken Zufall einerseits und Notwendigkeit andererseits nennt, in der Selbstorganisation der Materie zusammenwirkt.

EIGEN macht deutlich, daß man, um die Evolution erklären zu können, die Beziehungen zwischen Information und Selektion sehen muß.

Um zu verstehen, wie Information entsteht, ist es erforderlich, einen elementaren Darwinismus auf molekularem Niveau anzunehmen. Information entsteht im Selektionsprozeß. Das für lebende Systeme charakteristische Selektionsverhalten tritt bereits auf molekularem Niveau als eine, speziellen Reaktionssystemen inhärente, Materieeigenschaft in Erscheinung. Das Selektionsprinzip ist also kein der Biosphäre allein angehörendes, nicht rückführbares Phänomen. Es läßt sich jedoch auch, nicht ohne Einschränkungen auf die nicht lebende Materie übertragen. Selektion ist keine allgemeine, der Materie stets zukommende Eigenschaft, sondern tritt nur in bestimmten Systemen unter bestimmten Bedingungen auf. Die Systeme müssen zu Wachstum und Selbstvermehrung fähig sein; vor allem dürfen sie nicht den Zustand des [394] chemischen Gleichgewichts erreichen, was dadurch verhindert wird, daß dem System ständig freie Energie zugeführt wird. Sind diese Bedingungen erfüllt, so ist auch präbiotische Materie zur Selbstorganisation fähig.

Materie mit bestimmten Eigenschaften kann selektiert werden; einzelne zufällig entstandene Informationsträger bleiben erhalten, Information von geringem Selektionswert stirbt aus. Wenn sich daher spezifische und unspezifische Wechselwirkungen in makromolekularen Systemen mit einem solchen Selektionsmechanismus verbinden, vollzieht sich in bevorzugten Systemen ein Prozeß der Informationsvermehrung.

So ist es möglich, den Prozeß der Entwicklung (Informationsvermehrung) in Übereinstimmung mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu erklären (vgl. S. 376). Voraussetzung dafür ist jedoch, wie gesagt, die mechanistische Determinismuskonzeption zu überwinden und die Existenz probablistischer Gesetze, das Entstehen immer neuer Möglichkeiten anzuerkennen.

Eine wichtige Erkenntnis der Molekularbiologie besteht darin, daß die Evolution der Lebewesen mit der Evolution ihrer genetischen Information verbunden ist. Der Informationsgehalt der Lebewesen war zu Beginn geringer und wurde im Verlauf der Evolution immer größer. Das Verständnis der Evolution erfordert also heute eine Theorie der Informationsentstehung bzw. -vermehrung, die sich jedoch erst in den Anfängen befindet.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

In den vorangegangenen Abschnitten haben wir gewisse Möglichkeiten angedeutet, wie Lebewesen Informationsgehalte verändern, Informationsgewinne erzielen können. Für das *entstehende* Leben jedoch handelt es sich um ein Problem von anderer Art. Hier geht es nicht mehr um Modifikationen, sondern um die Entstehung von Information überhaupt. Von wann ab ist eine Nukleinsäure Träger von Information?

Mit der hier diskutierten Arbeit legt EIGEN eine umfassende physikalisch-chemische Theorie über die Entstehung und Entwicklung präbiotischer Wechselwirkungen zwischen Nukleinsäuren und Eiweißen vor, deren Hauptanliegen es ist, den evolutionären Charakter, die innere, die Entwicklung vorantreibende Dynamik dieser elementaren Wechselwirkungen zwischen Makromolekülarten zu zeigen.

Frühere Theorien der Entstehung des Lebens auf der Erde haben entweder die Qualität Information und daher auch das Problem ihrer Beteiligung an diesem Prozeß ungenügend bzw. gar nicht gesehen oder sie in einem idealistischen Sinn, etwa als „vorgegebenen Bauplan“ oder „Materie gewordene Idee“, betrachtet.

Eine naturwissenschaftliche qualitative und quantitative Analyse der Nukleinsäure-Eiweiß-Wechselwirkungen, die eine Voraussetzung für die Entstehung des Lebens gewesen sein und schließlich Leben hervorgebracht haben dürften, ist besonders geeignet, die objektive Dialektik der Natur darzutun und auch für dieses – für unser aller Existenz grundlegende, bisher aber in tiefstes Dunkel gehüllte – evolutionäre Ereignis die Beziehungen von Zufall und Notwendigkeit aufzudecken. Es ist erstaunlich, daß MONOD, der als einer der ersten Naturwissenschaftler gewisse Wechselwirkungen zwischen [395] Eiweißen und Nukleinsäuren – wenn auch nicht physikalisch-chemisch, so doch biologisch – erfolgreich analysiert hat, eben auf die tiefere Analyse dieser Wechselwirkungen von vornherein verzichtet hat.

Diesen Entwicklungsprozeß kann man sich etwa folgendermaßen vorstellen:

Sicherlich darf man davon ausgehen, daß in der wäßrigen Phase eines Urozeans zunächst ohne die Mitwirkung von *Eiweißkatalysatoren* Nukleotide entstanden sind. Ihre Entstehung auf nichtenzymatischem Weg ist genauso problematisch oder unproblematisch wie die anderer organischer Verbindungen.

Ähnlich wie von den Polypeptiden bekannt, können sich Nukleinsäurefäden, die aus Vielfachen dieser Bausteine zusammengesetzt sind, ebenfalls ohne Eiweißkatalysatoren im Urozean gebildet haben. Damit schließlich sind Moleküle vorhanden, die als instruktive „templates“ für die Bildung komplementärer Doppelstränge fungieren können, wobei sich Wasserstoffbrückenbindungen zwischen sterisch komplementären chemischen Körpern bilden.

In diesem Stadium der Entwicklung kann sich die frappierende Stabilität der Nukleinsäurestruktur wohl kaum – wie uns gewohnt – in ihrer Vermehrungsfähigkeit, sondern wohl in erster Linie in der Wahrscheinlichkeit ihres Zustandekommens manifestiert haben.

Offenbar war jedenfalls im Urozean genügend Gelegenheit zur Bildung von einsträngigen und doppelsträngigen Nukleinsäuremolekülen gegeben. Wegen deren sauren Charakters durften sich vorhandene – zunächst ebenfalls zufällig entstandene – basische Polypeptide an sie angelagert und sie so stabilisiert haben. Wir möchten betonen, daß der Begriff „genetische Information“ im heute gebrauchten Sinn auf diese Gebilde noch nicht oder höchstens sehr eingeschränkt angewendet werden kann, weil eine Bedeutung für ein System noch fehlt. Information kann nämlich nur als Einheit von Träger, Struktur und Bedeutung verstanden werden. Genetische Information ist funktionell zu verstehen: Die Nukleinsäure enthält die Vorschrift sowohl für ihre eigene identische Replikation als auch für die Eiweißsynthese. Sobald der komplementäre Nukleinsäure-Doppelstrang-Faden entstanden war, war Replikation möglich, aber die Beziehung zur Eiweißsynthese fehlte zunächst noch. Trotzdem war der selbstin-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

struktive, autokatalytische, komplementäre Nukleinsäure-Doppelstrang (in Wechselwirkung mit Eiweißen), der eine hohe Replikationsrate aufwies, ein erster Höhepunkt dieser Entwicklung.

Es ist außerordentlich schwierig zu verstehen, wie die Vorschrift für die Eiweißsynthese sich herausgebildet haben mag. Aber sicherlich geht man nicht fehl in der Annahme, daß gerade die Synthese derjenigen Proteine zuerst codiert wurde, die schon mit den Nukleinsäuren in ununterbrochener Wechselwirkung existierten. Über lange Zeit hinweg war das Erkennen und Binden bestimmter Nukleotidsequenzen durch bestimmte Aminosäuresequenzen ein bloßes „Spiel im großen Experimentierfeld der Natur".

[396] In diesem „Spiel" dürften sich allmählich die bekannten hochspezialisierten Erkennungsleistungen herausgebildet haben: Nukleinsäurepolymerasen erkennen Anfang und Ende der zu kopierenden Nukleinsäurestrecke an Hand spezifischer Nukleotidsequenzen. Repressoren erkennen ebenfalls spezifische Nukleotidsequenzen. Ribosomale Proteine gehen mit der ribosomalen RNS besonders strukturierte Wechselwirkungen ein, und die dabei geschaffenen Gebilde ermöglichen die Proteinsynthese.

Die Synthese spezifisch wechselwirkender Proteine unmittelbar an stabilen Nukleotidsequenzen war also ein weiterer Höhepunkt der präbiotischen Evolution: der Schritt, das System als Information für die Proteinsynthese zu nutzen. Dies ist die eigentliche Geburtsstunde der genetischen Information, da jetzt die Nukleotidsequenz ein Eiweiß hervorbringt. Die räumliche Trennung zwischen der DNS und dem Proteinsyntheseapparat, wie sie uns heute begegnet, ist wahrscheinlich später entstanden.

Wie sich zeigt, lassen sich die zunächst für die Evolution der Lebewesen entwickelten Gedanken sinnvoll auf die präbiotischen Prozesse anwenden. Die reine Zufälligkeit bei der Entstehung der präbiotischen Etappen des späteren Lebens wurde von vornherein durch sich entwickelnde Wechselwirkungen zwischen Nukleinsäuren und Eiweißen – im Sinn von Stabilisierung, Replikation und Rückkopplung – eingeschränkt. Hierbei haben die Eiweiße mit ihrer hohen Erkennungs- und Katalysekapazität und die Nukleinsäuren mit der spezifischen Selbstinstruktion sich gegenseitig ergänzt. Keine der Makromolekülarten konnte allein das leisten, was die Wechselwirkung beider hervorbrachte.

Die Zufallsrate der makromolekularen Bewegung wurde weiter dadurch eingeschränkt, daß der örtlich begrenzte Vorrat an freien Nukleotiden infolge der katalytischen Konzentrierungsarbeit der Eiweiße bevorzugt den mit ihnen verbundenen Nukleinsäuremolekülen zur Verfügung stand, wodurch sich diese gegenüber anderen schneller und intensiver replizieren konnten. Das allgemeine Spiel des absoluten „reinen Zufalls" wurde eingeschränkt auf ein Spiel nach Regeln, bei dem stets derjenige (Nukleinsäure-Protein-Komplex) gewann, der die größte Menge Unordnung aus seiner Umgebung in die größte Menge Ordnung seiner eigenen Replikation verwandeln konnte.

Ein solches Spiel nach Regeln führt z. B. – wie EIGEN als Gedankenexperiment zeigt – im Fall der zufälligen Herausbildung stabiler RNS-Strukturen mit partiellen Doppelstrangabschnitten zur Form eines Kleeblatts, wie wir sie von der t-RNS her tatsächlich kennen. Bereits zu Beginn des „Würfelspiels" erreichen diejenigen „Spieler" Vorteile, die ihre Nukleotidsequenzen in Form von Schleifen mit Basenpaarung legen können (Abb. 30).

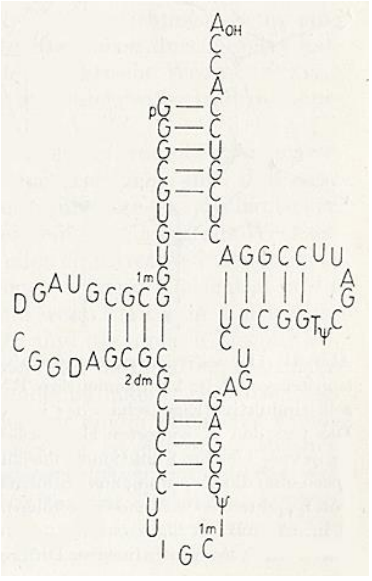
Eine uneingeschränkte Zufälligkeit bei der Entstehung funktionsfähiger Nukleinsäure-Eiweiß-Komplexe ist auch auf Grund der Tatsache sehr unwahrscheinlich, daß das Durchprobieren aller theoretisch denkbaren Makromoleküle eine so hohe Zahl verschiedener Moleküle verlangen würde, daß sie weder im Sonnensystem noch in dem sonst uns bekannten Weltraum Platz haben würden. Infolgedessen müßte entweder ein „Glückstreffer" in einem [397] sehr frühen Stadium dieser Versuche gerade die „richtigen" Makromoleküle hervorge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

bracht haben, oder die Makromoleküle haben sich gesetzmäßig Schritt für Schritt entwickelt, und jeder Schritt schloß sowohl den Zufall als auch Rückkopplung und Prüfen des Erreichten ein und schuf gleichzeitig damit die Bedingungen für den nächsten Schritt. Wir sind mit EIGEN der Auffassung, daß letzteres, weil auf den Gesetzen der Physik und Chemie beruhend, der Weg gewesen sein muß, auf dem sich die Anfänge der Entstehung genetischer Information und damit des Lebens vollzogen haben.

MONOD hingegen hat sich für die erstgenannte Variante entschieden. Da aber die Wahrscheinlichkeit für diesen „Glückstreffer“ fast gleich Null ist, kann er sich nur auf den absoluten Zufall berufen: „Unsere ‚Losnummer‘ kam beim Glücksspiel heraus. Ist es da verwunderlich, daß wir unser Dasein als sonderbar empfinden – wie jemand, der im Glücksspiel eine Milliarde gewonnen hat?“ (**106a**, S. 179.) Wenn das zuträfe, ließe sich die Entstehung und Entwicklung lebender Systeme und darüber hinaus letztlich auch die der menschlichen Gesellschaft tatsächlich nicht rational begründen. Man kann dann im Grunde nur zu außerweltlichen Kräften Zuflucht nehmen.

Abb. 30. „Kleeblatt-Modell der t-RNS“ (nach EIGEN, **30c**).
Sequenz der alaninspezifischen t-RNS aus Hefe.
Die seltenen Basen sind:
Ψ Pseudouridin
I Inosin
D Dihydrouridin
T Ribothymidin
1 mG 1-Methylguanosin
2 dmG N(2)-Dimethylguanosin
1 mI 1-Methylinosin.
Das Anticodon lautet: 5′ IGC 3′ (t-RNS), das Codon (GCC) wird 3′ CCG 5′ (m-RNS) gelesen.



MONOD selbst meint allerdings, mit seinen Vorstellungen nicht nur den Marxismus, sondern auch die Religion überwunden zu haben. Er leitet daraus den Versuch ab, den Existentialismus naturwissenschaftlich zu stützen. Der Mensch sei in ein stummes, ihm gegenüber gleichgültiges und fremdes Universum geworfen, ohne daß es einen Werfer gäbe. Der Mensch müsse diese [398] Einsicht nicht nur als objektive Wahrheit der Wissenschaft, sondern auch als Wahrheit des eigenen Lebens annehmen, und zwar gegen das Bedürfnis nach totaler Erklärung und absoluter Rettung.

Als objektive Wahrheit der Wissenschaft können wir jedoch nur erkennen, daß die Entstehung des Lebens an eine Reihe physikalisch eindeutig begründbarer Eigenschaften gebunden ist und daß diese Eigenschaften sich schrittweise herausgebildet haben, so daß, wie EIGEN hervorhebt, „... der ‚Ursprung des Lebens‘ sich ebensowenig wie die Evolution der Arten als einmalig vollzogener Schöpfungsakt darstellen läßt“ (**30c**, S. 522). Als Wahrheit für unser eigenes Leben nehmen wir daraus zwar nicht die Hoffnung auf totale Erklärung oder absolute Rettung, aber die Gewißheit der Existenz von für den Menschen prinzipiell erkennbaren und im Prozeß seiner weiteren Entwicklung immer besser beherrschbaren Gesetzmäßigkeiten in allen Bereichen der objektiven Realität.

Die bereits erwähnte Wechselwirkung von Nukleinsäuren und Eiweißen hat in EIGENs Theorie einen zentralen Platz. Er geht davon aus, daß die Entstehung zum Leben führender Strukturen an besondere Bedingungen [399] des Selektionsmechanismus geknüpft ist, die

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

weder von den Nukleinsäuren noch von den Proteinen allein befriedigend erfüllt werden können. Erst in der Kopplung beider Systeme können die Vorteile beider Stoffklassen für eine stabile Selektion genutzt werden: Nukleinsäuren liefern komplementäre Instruktion zur Selbstreproduktion, Proteine dagegen eine enorme funktionelle und rekognitive Verschiedenheit und Spezifität. Vermittels der katalytischen Aktivität der Eiweiße können Informationsträger zu größeren Einheiten verbunden werden. Andererseits vermögen Eiweiße allein den Vorteil einer „Mutation“ nicht zu nutzen, weil sie völlig uninstruktiv sind. Am Beispiel des von EIGEN entwickelten selbstinstruktiven katalytischen Hyperkreises – dem Modell eines evolutionsfähigen Systems (Abb. 31) – wollen wir darstellen, wie tief er den Gedanken der Wechselwirkungen zwischen Nukleinsäuren und Proteinen weiterentwickelt hat. Von hier aus ist der Übergang zum zellulären Leben auf dem von OPARIN am Beispiel der Koazervatbildung gedachten Weg nur noch ein Schritt.

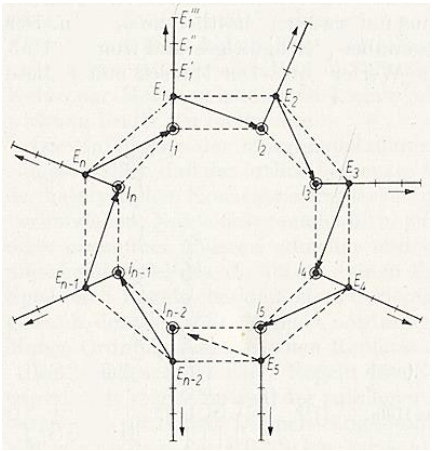



Abb. 31. Der selbstinstruktive katalytische Hyperzyklus. Die I repräsentieren Informationsträger, d. h. komplementäre RNS-Einzelstränge Jeder kleine Kreis steht für die selbstinduktive Eigenschaft des $I_1$-Kollektivs mit den beiden komplementären Strängen. Die von den $I_1$ codierten $E_1$ repräsentieren die katalytische Funktion. Jeder $E_1$-Zweig kann verschiedene Funktionen einschließen (z. B. Polymerisation, Translation, Kontrolle), deren eine die Kopplung zum Informationsträger $I_1+_1$ herstellt (z. B. Steigern der Bildung von $I_1+_1$ durch spezifisches Erkennen). Der Kreis mit allen Kopplungen muß sich schließen, d. h., es muß ein $E_n$ existieren, das die Bildung von $I_1$ bewirkt. Der Hyperzyklus wird durch ein System nichtlinearer Differentialgleichungen beschrieben (nach EIGEN, **30c**). [Abb. 31, S. 398 des Buches]

Der Hyperkreis besteht aus verschiedenen RNS-Molekülen und den von ihnen codierten Proteinen, wobei alle Elemente dadurch gegenseitig voneinander abhängen, daß die Information zur Replikation eines RNS-Moleküls mindestens teilweise von einem anderen RNS-Molekül getragen wird. Dadurch ergibt sich im Kreis ein innerer Zusammenhang, der auch eine zeitliche Aufeinanderfolge der Synthese sowie ihre geregelte Hemmung und Aktivierung ermöglicht.

Hier finden wir die gleiche Grundhaltung wieder, die EIGEN in der Frage der Eiweiß-Nukleinsäure-Wechselwirkungen einnimmt. Wir haben den Eindruck, daß das in Abb. 27, S. 282 gezeigte Wechselwirkungsschema eine Art Spezialfall wiedergibt, der sich für das rezente Leben durchgesetzt hat, während der Hyperzyklus noch allgemeiner die dialektische Wechselwirkung der Makromoleküle für die Entstehung und Entwicklung großer Informations- und Syntheseeinheiten deutlich werden läßt.

Das dynamische Zusammenwirken verschiedener Makromolekülarten mit unterschiedlichen Eigenschaften in diesem Hyperkreis zeigt uns, daß neue Erkenntnisse auch in der Biologie nicht auf der Grundlage des mechanischen Materiebegriffes gewonnen werden können, bei dem zwar allenfalls Wechselwirkungen zwischen sich nicht verändernden Teilen gestattet sind, neue Eigenschaften des Systems aber nicht auftreten dürfen. Tiefere Einsichten in die Entwicklungsprozesse lassen sich nur gewinnen, wenn man vom dialektisch-materialistischen Begreifen der Materie ausgeht und die inneren Zusammenhänge zwischen den Teilen eines Systems sowie die dadurch existierenden Widersprüche zum Ausgangspunkt der Untersuchung macht. Die von EIGEN vorgenommene Kopplung zwischen den Teilen zu einem einerseits widersprüchlichen, andererseits sich ergänzenden System ist ein gutes Beispiel dafür. EIGEN zeigt, in welcher Weise die selbstinstruktiven Fähigkeiten der Nukleinsäuren mit den katalytischen Eigenschaften der Proteine gekoppelt werden müssen. Mit dieser Verkopplung wurden die Voraussetzungen für Leben und weitere Evolution geschaffen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[400] Die Kybernetik hat materielle und gedankliche Modelle hervorgebracht, mit denen bestimmte Eigenschaften der Organisation erfaßt werden können. Wendet man diese in der Biologie an, so gilt es jedoch, einen entscheidenden Unterschied zwischen technisch-kybernetischen Systemen und den lebenden bzw. zum Leben unmittelbar hinführenden Systemen zu beachten. Die technischen selbstorganisierenden Systeme, die z. B. ASHBY (**4**) im Auge hat, können nicht von allein selbstorganisierend sein. Ihre Veränderung hat, wie wir schon sagten, nicht ihre Ursache in der Menge innerer Zustände, sondern wird allein durch die Umwelt, durch die auf das System wirkenden Inputs, ausgelöst. Eine solche Maschine ist daher nicht aus sich selbst heraus auf der Grundlage ihrer inneren Widersprüchlichkeit selbstorganisierend, sondern muß mit einer anderen Maschine verbunden sein.

Entwicklung aber gründet sich auf die innere Widersprüchlichkeit der Materie, die sie zur Selbstbewegung und Selbstorganisation befähigt. An technisch-kybernetischen Systemen orientierte Modellvorstellungen müssen daher noch erweitert und vertieft werden, denn sie geben noch keinen Hinweis, wie das Problem der natürlichen progressiven Differentation und Entwicklung gelöst werden kann. Sobald EIGEN von Selbstorganisation der Materie allgemein spricht, muß er über den an den Möglichkeiten technischer Systeme orientierten Begriff der Selbstorganisation hinausgehen (vgl. S. 195 f.).

Das Entscheidende ist: Hier entsteht Information durch einen *selbstselektiven* Vorgang. Die Selbstorganisation erfolgt nicht bzw. nicht allein durch Aufnahme schon vorhandener Informationen aus der Außenwelt, sondern dadurch, daß biologische und präbiotische makromolekulare Systeme entstehen und sich identisch vermehren, wobei durch Optimierung des Selektionswertes in gegenseitiger Konkurrenz Information vermehrt wird.

Für eine weitere Vertiefung des Evolutionsgedankens, des Verständnisses der Informationsvermehrung und der Informationsverluste erscheint es sinnvoll (1.) nicht nur einen Selektionswert bzw. -druck und (2.) nicht nur Konkurrenz, sondern auch Kooperation zu berücksichtigen. Da eine veränderte Umwelt eine gute Chance für eine den veränderten Verhältnissen besser entsprechende Mutation darstellt, gilt es, die Rolle der Umweltfaktoren und deren Veränderungen stärker zu berücksichtigen; damit wäre der Selektionsprozeß ein Optimierungsprozeß zu einem „Kompromiß“ bzw. dynamischem Gleichgewicht zwischen vielen Selektionsdrücken. Bei der Entstehung und Entwicklung neuer Arten wird deutlich, daß oftmals eine Art mit hohem Selektionswert nur wachsen kann, wenn gleichzeitig andere mit niedrigem wachsen. Vielleicht sind derartige Kopplungen generell, also auch bei der Primärevolution, erforderlich. Das Selektionsgleichgewicht würde dann nicht nur eine Stammsequenz mit einem Schwarm von Tochtersequenzen, sondern wahrscheinlich sehr viele miteinander gekoppelte Stammsequenzen enthalten, wodurch auch der Informationsgehalt der entsprechenden Umwelt zunimmt.

[401] Wie T. RAPOPORT deutlich machte, ist nur durch Wachstumskopplung zu erklären, warum niedrigste und höchste Stufen des Lebens auch heute noch nebeneinander existieren.

In jüngster Zeit verdeutlichte insbesondere H. KUHN (**88c**) die Bedeutung einer periodisch flukturierenden Umwelt sowie der Kooperativität von Molekülen für die Evolution eines sich selbst organisierenden präbiotischen Systems.

Wir können festhalten, daß uns die Arbeit von EIGEN einen wichtigen Schritt im Verstehen dieser Selbstbewegung der Materie vorangebracht hat. Er zeigt, daß die Materie strukturiert existiert und daß bestimmte Strukturpläne auf natürlichem Weg entstehen können. Der philosophisch wichtige Schluß ist: So wenig, wie es eines ersten Bewegers bedurfte, so wenig bedarf man eines ersten Planers, der für die Materie die Strukturpläne entwirft.

„Es ist ein besonderes Verdienst der Kybernetik“, wie G. KLAUS hervorhebt, „daß sie die Bedeutung der Kategorie der Organisation stärker in den Vordergrund gerückt hat. Die klassischen Naturwissenschaften, zu deren Entstehungsbedingungen der scharfe und unversöhnli-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

che Kampf gegen den theologisch-idealistischen Wissenschaftsbetrieb der Scholastik gehörte, haben dem scholastischen Thema Form und Materie, wobei die Betonung auf der Form lag, die geistiges Prinzip zu sein hatte, das Thema Materie und Bewegung entgegengesetzt. Das Thema Materie und Struktur trat demgegenüber an die zweite Stelle. Es ist an der Zeit, in der philosophischen Analyse die Gleichwertigkeit und Einheit beider Probleme zu betonen. Neben die Sätze: Alle Materie ist bewegt; die Bewegung ist materiell; es gibt keine Bewegung ohne Materie, gehören gleichberechtigt und mit gleicher Rangstufe die Sätze: Alle Materie ist organisiert; die Organisation (oder Struktur) ist materiell; es gibt keine Organisation (Struktur) ohne Materie.“ (**76**, S. 121.)

Solche Begriffe wie Plan und Organisation sind bisher in der Tat in ihrer allgemeinen Bedeutung noch ungenügend untersucht worden. Dies hat seinen Grund darin, daß sie als spezifische Kategorien des gesellschaftlichen Menschen erscheinen, denn es gehört zu den wesentlichen Unterscheidungsmerkmalen des Menschen gegenüber dem Tier, daß dieser bewußt plant und organisiert. Der Mensch als Schöpfer des Planes läßt dem geistigen Entwurf die materielle Ausführung folgen. Dies führt leicht zu dem falschen Schluß, daß immer, wenn von einem Plan die Rede ist, ein Planer vorausgesetzt sein müßte, der erst das geistige Konzept entwirft. Diese Auffassung ist jedoch nicht richtig, da sich zeigen läßt, daß Materie strukturiert existiert und bestimmte Strukturpläne auf natürlichem Wege entstehen können. Letzteres beweisen uns insbesondere die Erkenntnisse über die Entstehung, Vermehrung und Bereicherung der genetischen Information.

Es ist auch die Auffassung anzufechten, derzufolge die Information primär gegeben sein muß, damit Leben zu existieren beginnen kann. Vielmehr haben sich biologischer bzw. biochemischer „Sender“ und „Empfänger“ im Prozeß der Entstehung des Lebens erst entwickelt, und es darf angenommen werden, daß hierbei verschiedene Wege und Möglichkeiten „ausprobiert“ wurden im Sinne einer Selektion des am besten Geeigneten. [402]

## 10.9. Die Gesetzmäßigkeit der Evolution und der Entwicklungsgedanke

### 10.9.1. Entwicklungsgesetze und die Stellung des Menschen

Eine entscheidende Frage jeder Weltanschauung ist das Problem, wie der Mensch seinem Dasein Sinnerfüllung geben und zu einer vollen Entfaltung seiner körperlichen und geistigen Fähigkeiten im Rahmen der gegebenen Existenzbedingungen kommen kann. Religiös orientierte Weltanschauungen legen die Sicherung des Einklanges des Menschen mit seinen äußeren Daseinsbedingungen letztlich in die Hand Gottes, die idealistischen Philosophen sehen ein geistiges Prinzip wirken, der mechanische Materialismus macht alles von der Veränderung der Umweltbedingungen des Menschen abhängig, und erst der dialektische und historische Materialismus erkannte, daß der Mensch sich entwickelt, indem er die objektiven Bedingungen seines Daseins durch praktische Tätigkeit auf der Grundlage von Gesetzen einer progressiven Veränderung unterwirft.

Der Existentialismus meint, daß der Mensch weder einen Gott braucht noch daß er sich in seinem Handeln auf objektive Gesetzmäßigkeiten zu stützen habe.

So schreibt SARTRE: „Der Mensch ist lebendig so, wie er sich konzipiert, wie er sich will und wie er sich nach der Existenz konzipiert, wie er sich will nach diesem Sichschwingen auf die Existenz hin; der Mensch ist nichts anderes, als wozu er sich macht.“ (**151b**, S. 14.)

In diesen schwierig formulierten Sätzen steckt die eigentliche Grundthese des Existentialismus von der individuellen Selbstbestimmung. Der einzelne Mensch legt seine moralisch-ethischen Lebensziele für sich selbst fest und ist auch nur sich selbst für die getroffene Entscheidung verantwortlich. Wir lesen weiter bei SARTRE: „Nirgends steht geschrieben, daß das Gute existiert, daß man ehrenhaft sein soll, daß man nicht länger lügen soll; genau aus dem Grund, weil wir auf einer Ebene uns befinden, wo es nur Menschen gibt.“ (**151b**, S. 24.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Einige Seiten weiter heißt es noch: „Sie sind frei, wählen Sie, das heißt, erfinden Sie. Keine allgemeine Moral kann Ihnen angeben, was Sie zu tun haben.“ (**151b**, S. 32.)

Das Buch von J. MONOD wird mit vollem Recht als eine theoretische Untermauerung des Existentialismus verstanden. Er trifft mit seinen Thesen auch genau den Kern der Auseinandersetzung zwischen Marxismus und Existentialismus; eben in der Frage nach der Existenz objektiver Gesetze und ihrer Bedeutung für die Gestaltung des menschlichen Lebens.

Die entscheidende Aufgabe jeder Philosophie ist die Klärung der Stellung des Menschen in der Welt. So sieht auch J. MONOD das letzte Ziel der Wissenschaft in der Klärung der Beziehungen des Menschen zum Universum. Mit Recht ist er der Meinung, daß hierzu eine Vielzahl von Wissenschaften beitragen kann, aber insbesondere die Biologie als Wissenschaft vom Lebenden einen entscheidenden Beitrag zu leisten vermag.

[403] Er selbst kommt auf der Grundlage einer bestimmten Deutung der Ergebnisse der modernen Biologie zur Leugnung der Gesetzmäßigkeit in der Evolution und damit zur Leugnung der Dialektik. Er sieht im Aufzeigen solcher Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung den Versuch, einen animistischen Bund zu schmieden.

J. MONOD schreibt: „Nach meiner Ansicht ist die Biosphäre genauso unvorhersehbar wie die spezielle Konfiguration der Atome, aus denen der Kieselstein in meiner Hand besteht. Gegen eine universelle Theorie wird niemand den Vorwurf erheben, daß sie die Existenz dieser speziellen Atomkonfiguration nicht behauptet und voraussieht; es genügt uns, daß dieses vorliegende, einzigartige und reale Objekt mit der Theorie vereinbar ist.

Der Theorie zufolge muß dieses Objekt nicht, aber es darf existieren. Das genügt uns, wenn es um den Kieselstein geht, nicht aber für uns selbst. Wir möchten, daß wir notwendig sind, daß unsere Existenz unvermeidbar und seit allen Zeiten beschlossen ist.

Alle Religionen, fast alle Philosophien und zum Teil sogar die Wissenschaft zeugen von der unermüdlichen, heroischen Anstrengung der Menschheit, verzweifelt ihre eigene Zufälligkeit zu verleugnen.“ (**106a**, S. 57-58.)

Man kann wohl mit Recht sagen, daß in diesen Ausführungen der Kern der philosophischen Konzeption J. MONODs zum Ausdruck kommt. Die Wissenschaft zeigt, daß zumindest unserer individuellen Existenz eine Kette von „konservierten Zufällen“ zugrunde liegt, wir aber „möchten, daß wir notwendig sind“. So hätte sich unsere Ideenwelt bis zum heutigen Tage der allein dem Objektivitätspostulat verpflichteten naturwissenschaftlichen Erkenntnis verschlossen. Alle großen philosophischen Systeme von PLATON bis HEGEL und MARX seien letztlich teleologisch. J. MONOD kritisiert aufs schärfste diese von ihm als „animistisch“ bezeichnete Weltanschauung und meint, daß auch die Idee der objektiven Erkenntnis als der einzigen Quelle authentischer Wahrheit im Reich der Ideen erst jetzt erscheint.

J. MONOD schreibt: „Wenn es stimmt, daß das Bedürfnis nach einer umfassenden Erklärung angeboren ist und daß das Fehlen einer solchen Erklärung eine Ursache tiefer Angst ist; wenn die Angst nur durch eine Erklärung beschwichtigt werden kann, die in Gestalt einer umfassenden Geschichte die Bedeutung des Menschen aufzeigt, indem sie ihm einen notwendigen Platz in den Plänen der Natur zuweist; wenn die ‚Erklärung‘, um den Eindruck einer wirklichen, bedeutsamen und beruhigenden Erklärung zu machen, aus der langen animistischen Tradition hervorgehen muß – dann ist zu begreiflich, daß so viele Tausende von Jahren vergehen mußten, bis die Idee der objektiven Erkenntnis als der einzigen Quelle authentischer Wahrheit im Reich der Ideen erschien.“ (**106a**, S. 207.)

J. MONOD wirft dem Marxismus-Leninismus vor, ein neues animistisches Bündnis zwischen Mensch und Natur zum Ausdruck zu bringen. Die Konsequenz wäre: „der erkenntnistheoretische Zusammenbruch“ des dialektischen Materialismus (S. 51), der durch eine „Religion der Geschichte“ ergänzt wird.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wenn wir im weiteren versuchen, den gesetzmäßigen Charakter der Evolution, des Bestehens eines allgemein-notwendigen Zusammenhangs heraus-[404]zuarbeiten und uns schon zuvor gegen die These von der reinen, blinden Zufälligkeit der Entstehung des Lebens und der menschlichen Existenz wandten, geschieht dies jedoch nicht aus einer angeborenen Angst, aus einem Bedürfnis nach absoluter Erklärung, um den alten Bund wiederherzustellen, sondern geschieht dies gerade, weil es der Objektivität der wissenschaftlichen Erkenntnis entspricht.

Es geht dabei nicht, wie J. MONOD behauptet, um eine totalisierende Entwicklungslehre der Natur, auf deren Grundlage man alle Entwicklungen in der Welt ableiten, erklären und rechtfertigen könnte. Es geht auch nicht darum, die Dialektik der Natur mit der Absicht zu entwikkeln, das Gebäude der marxistisch-leninistischen Gesellschaftslehre auf die Gesetze der Natur zu gründen; nach MONOD hätten MARX und ENGELS zu diesem Zweck zur „animistischen Projektion“ Zuflucht genommen, die idealistische Dialektik HEGELs umgestülpt, vom Kopf auf die Füße gestellt. (**106a**, S. 46.)

Es geht vielmehr um den allgemeinen Entwicklungsgedanken, um die Anerkennung, daß es allgemeine Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung in Natur und Gesellschaft gibt.

„Wie DARWIN das Gesetz der Entwicklung der organischen Natur, so entdeckte MARX die Entwicklungsgesetze der menschlichen Geschichte“ (**104**, S. 166).

Mit diesen beiden großen Denkern und Forschern, die F. ENGELS am Grabe von KARL MARX in einem Atemzug nennt, war der Entwicklungsgedanke auf eine neue, revolutionäre Stufe gehoben worden. K. MARX entdeckte die Entwicklungsgesetze der Gesellschaft und zeigte dem Proletariat den Weg zu seiner Befreiung. Er zeigte darüber hinaus, daß das Proletariat, indem es sich befreit, zugleich die ganze Menschheit von der Ausbeutung und Unterdrückung, von den in der Klassengesellschaft tobenden Klassenkämpfen befreit. Dieser Gedanke, so hebt F. ENGELS hervor, ist „berufen, für die Gesellschaftswissenschaften denselben Fortschritt zu begründen, den DARWINs Theorie für die Naturwissenschaften begründet hat“ (**104**, S. 19).

Diese Voraussage wurde durch die Wissenschaftsentwicklung, aber vor allem durch die objektive gesellschaftliche Entwicklung bestätigt. Die Bourgeoisie, die in der Gesetzmäßigkeit der historischen Entwicklung ihren Untergang deutlich vor Augen hat, setzt alles daran, die Objektivität dieses Prozesses zu leugnen. Hierin liegt ein wesentlicher Grund für die Propagierung des Indeterminismus, des absoluten Zufalls, oder der Teleologie, des Wirkens immaterieller Wesenskräfte.

Heute kann man kaum noch an der Tatsache eines Entwicklungsprozesses in der Biosphäre vorübergehen. Nachdem der Darwinismus über Jahrzehnte vergeblich bekämpft wurde, wird er jetzt anerkannt. Man versucht jedoch, ihn seiner materialistischen Grundlagen zu entfremden, d. h. die Objektivität der Gesetzmäßigkeit des Entwicklungsprozesses oder seine materiellen Ursachen zu leugnen. Dies geschieht mit dem Ziel, den Entwicklungsgedanken überhaupt zu treffen und damit insbesondere die Annahme eines gesetzmäßigen gesellschaftlichen Entwicklungsprozesses. Den Menschen als Schöp-[405]fer seiner selbst zu begreifen, heißt ihn als tätiges, die objektive Realität veränderndes Wesen sehen.

KARL MARX schrieb: „Die Kritik der Religion endet mit der Lehre, daß der Mensch das höchste Wesen für den Menschen sei, also mit dem kategorischen Imperativ, alle Verhältnisse umzuwerfen, in denen der Mensch ein erniedrigtes, ein geknechtetes, ein verlassenes, ein verächtliches Wesen ist ...“ (**103d**, S. 385.)

In diesen Worten konzentriert sich die marxistische Auffassung vom Menschen. Der Mensch wird als Resultat der bisherigen Weltgeschichte, wenn auch nicht als absolut notwendiges, in

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

den Anfängen schon prädeterminiertes gesellschaftliches Wesen angesehen. Daraus ergibt sich auch, daß der Mensch als Produkt der Evolution, als Teil der Natur und als gesellschaftliches Wesen in seinem Wesen immer wieder historisch konkret zu bestimmen ist. Der Mensch ist das höchste Wesen für den Menschen. Dieser Humanismus ist nicht abstrakt, sondern erhält im Kampf um die humanistische Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse, im Kampf für die Befreiung des Menschen von Ausbeutung und Unterdrückung, für alles, was der wahren Entfaltung seiner schöpferischen Kräfte dient, seinen realen Inhalt. So wie die vergangene, so wird auch die künftige Geschichte das Werk der Menschen selbst sein. Die Menschen gestalten ihre eigene Zukunft gemäß objektiver, von ihnen prinzipiell erkennbarer und im Zuge des weiteren wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fortschritts immer besser beherrschbarer objektiver gesellschaftlicher Gesetzmäßigkeiten.

Es ist das Ziel, auf der Grundlage des gesellschaftlichen Eigentums an den Produktionsmitteln die Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung genauso in den Griff zu bekommen wie die Gesetze der Natur.

Betrachtet man die Evolution, so sieht man deutlich, daß der Prozeß der Entwicklung zum immer Komplexeren führt, man gelangt von einfachen zu immer komplizierteren Strukturen. Aus den Elementarteilchen bilden sich Atome, vom Atom führt die Entwicklung zum Molekül, vom Makromolekül zur lebenden Zelle und von der einzelnen Zelle zum vielzelligen hochdifferenzierten Organismus. Es entstehen immer differenziertere und zentralisiertere lebende Systeme, bis wir zu dem komplexesten lebenden System, der höchstorganisierten lebenden Materie, dem Gehirn gelangen – zum Menschen. Die Evolution hat also in der Tat den Weg einer wachsenden Komplexität genommen. Dies wurde philosophisch u. a. von TEILHARD DE CHARDIN reflektiert (vgl. **165**).
Mit der These von der wachsenden Komplexität und dem damit verbundenen qualitativen Entwicklungsgesetz wird bei TEILHARD DE CHARDIN eine gewisse Annäherung an bestimmte Auffassungen des dialektischen Materialismus deutlich. Es geht um die Klärung des qualitativen Sprungs. Die Annäherung an die dialektische Denkweise zeigt sich z. B. in folgenden Ausführungen: „Nichts im Universum geschieht kontinuierlich und in jedem beliebigen Augenblick.“ Er sucht weiterhin deutlich zu machen, daß evolutionäre Entwicklungsphasen durch plötzliche Sprünge unterbrochen werden. Ein solcher Sprung ist der „Vitalisationspunkt“, der Punkt, an dem das Leben wahrnehmbar in Erscheinung tritt (**165**, S. 65 f.). Nach TEILHARD DE CHARDIN besitzt jedes Phänomen, das im Universum in Erscheinung tritt, eine Vorstufe. Das Leben und auch das Geistige haben Vorstufen. Mit dieser These negiert er die bisherige katholische Denkkonzeption von der [406] Stufenfolge voneinander im wesentlichen isolierter Seinsschichten. Die zunächst im Ansatz richtige These, die ihm die Möglichkeit gibt, die Bedeutung der molekularen Organisation für die Organisation lebender Systeme zu sehen (vgl. S. 41), die grundsätzliche Kluft, die zwischen lebender und nicht lebender Natur aufgerichtet wurde, zu überwinden, wird dann jedoch so verabsolutiert, daß er von hier aus wiederum die Möglichkeit gewinnt zur Darstellung einer mystifizierten, in ihrem Wesen letztlich doch teleologischen Entwicklungskonzeption. Er spricht selbst von einer „Evolution konvergierenden Typs“.
Nach der Konzeption von TEILHARD DE CHARDIN entstehen das Leben und der Geist, das Bewußtsein, letztlich nicht in der Entwicklung, sondern sind im Prinzip, wenn auch in Elementarform bzw. Vorform, doch schon als Leben, als Bewußtsein vorausgesetzt.

Jede Form der Leugnung oder Mystifizierung des Entwicklungsgedankens ist für den weiteren Fortschritt der Menschheit schädlich, daher grenzt sich der dialektische Materialismus einmal von all den Auffassungen ab, nach denen jeder Fortschritt auf einer unerklärlichen Spontaneität beruht, zum anderen von den Auffassungen, nach denen die Welt ein aufgezogenes Uhrwerk ist und alles seinen prädeterminierten Verlauf nimmt, aber auch von den Konzeptionen, die in gewisser Weise eine Umkehrung der mechanistischen Position darstellen, bei denen das ganze Weltgeschehen ein finaler, auf ein transzendentes Ziel gerichteter Prozeß wird. Denn auch bei einer solchen Konzeption wird das Geschehen letztlich aus dem Bereich der menschlichen Wirksamkeit gehoben, die objektiven Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung, vor allem der Klassenkampf, werden verschleiert.

### 10.9.2. Determinismuskonzeption und Entwicklungsdenken als weltanschauliche Position

Die dialektisch-materialistische Determinismuskonzeption muß sich erstens vom mechanischen Determinismus bzw. Prädeterminismus abgrenzen, weil hier nur notwendige Zusam-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

menhänge anerkannt werden und der objektive Charakter des Zufalls geleugnet wird. Zweitens muß sie sich vom Indeterminismus abgrenzen, weil dieser die objektive Notwendigkeit übersieht. Ein Verständnis der Evolution ist von jeder dieser einseitigen Auffassungen her völlig unmöglich. Die sehr wichtige Frage nach den Beziehungen zwischen der Determiniertheit biologischer Prozesse und der Entstehung echt neuer Qualitäten in der Evolution verlangt die Überwindung dieser zwei extremen Auffassungen, verlangt das Verständnis der dialektischen Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen. Diese Einheit ist Ausdruck der inneren Widersprüchlichkeit der Materie, die sie zur Selbstbewegung befähigt. Wenn alles notwendig ist, alles präformiert ist, entsteht nichts wirklich Neues; wenn alles dem reinen, blinden Zufall unterliegt, bleibt die Entstehung des Neuen wegen der sehr großen Unwahrscheinlichkeit letztlich ebenfalls unerklärlich. [407]

a) Nach der Konzeption des mechanischen Determinismus ist alles prädeterminiert, also fehlt überhaupt die Möglichkeit der Entstehung von grundsätzlich Neuem. Höhere Bewegungsformen der Materie werden auf niedere reduziert, denn es gibt im Prinzip keine qualitativen Unterschiede. Entsprechend dem Materiebegriff der klassischen Physik wird die Entwicklung der Welt wie der Ablauf einer aufgezogenen Maschine verstanden, die nach Gesetzen funktioniert, die *alle* Aspekte eines Prozesses, auch die unwesentlichen, bestimmen. Diese Konzeption führt zwangsläufig zum Fatalismus; denn alles, was heute geschieht, ist durch das Gestern bestimmt, und da wir am Gestern nichts mehr verändern können, ist auch das Morgen eindeutig festgelegt. Die Klassiker des Marxismus-Leninismus haben sich scharf gegen ein solches Weltbild gewandt und im Detail nachgewiesen, daß insbesondere gesellschaftliche Prozesse einer solchen Art der Determiniertheit nicht unterliegen. Die Quantenphysik konnte die prinzipielle Beschränktheit eines mechanischen Weltbildes auch für das Verständnis der Naturvorgänge eindeutig nachweisen. Das schließt nicht aus, daß für viele Teilbereiche und Teilprozesse der objektiven Realität zumindest in erster Näherung eine weitgehende Determiniertheit, so z. B. für die Konstanz der Vererbung oder in Bereichen, in denen die Gesetze der klassischen Physik gelten, zutrifft.

b) Nach der Konzeption des Indeterminismus entsteht alles Neue spontan auf Grund reiner Zufälligkeit. Zwischen den verschiedenen Bewegungsformen der Materie wird eine unüberbrückbare Kluft angenommen, die nur durch unwahrscheinliche Zufälle, durch einen „gelungenen Wurf im Würfelspiel“ übersprungen wird. Da eine solche Vorstellung, wie schon oft berechnet wurde, zur höchsten Unwahrscheinlichkeit jeder Entwicklung führt (das Klappern von Affen auf Schreibmaschinen bringt auch nach sehr langer Zeit nur sehr unwahrscheinlich ein Gedicht zustande; das Schütteln von 100 Eiweißbausteinen im Reagenzglas bringt kaum ein funktionierendes Eiweißmolekül hervor), mündet sie letzten Endes in der Annahme von Wundern oder eines geistig determinierenden Prinzips wie z. B. Élan vital oder Entelechie. Der Indeterminismus sieht nicht die das Wirken des Zufalls begrenzenden Bedingungen und Ebenen und verabsolutiert ihn. Nach dieser Konzeption gibt es keine objektiven Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung in Natur, Gesellschaft und im Denken. Die von der Wissenschaft aufgedeckten Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung beruhen auf subjektiven Vorstellungen oder auf dem Prinzip einer bloßen Denkökonomie.

Es zeigt sich somit deutlich, daß der Prozeß der Höherentwicklung, des Entstehens von Neuem nicht völlig erklärt werden kann, wenn der Zufall absolut von der Notwendigkeit getrennt wird. Letzteres ist der Standpunkt MONODs; er ist der Auffassung, daß der reine Zufall, nichts als der Zufall, die absolut blinde Freiheit die Grundlage des wunderbaren Gebäudes der Evolution ist. Wenn der Fortschritt zu einer weiteren Entwicklungsstufe auf einer nicht erfaßbaren Spontaneität beruht, wird man letztlich ebenfalls, da der Mensch seine Geschichte und seine Zukunft nicht verstehen kann, zu einer pessimistischen Weltanschauung geführt. Diese Konsequenz wird uns [408] besonders in den weltanschaulichen Schlußfolgerungen,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

die MONOD aus dem hier wiedergegebenen Ansatz zieht, deutlich gemacht. MONOD kommt als Atheist, der gleichzeitig aber auch die Existenz objektiver, allgemeiner Gesetzmäßigkeiten für die Entstehung des Lebens und seiner Evolution leugnet, folgerichtig zu existentialistischen Auffassungen: Wir hätten endlich zur Kenntnis zu nehmen, daß der Mensch allein sei.

c) Die dialektisch-materialistische Entwicklungstheorie muß das Entstehen von Neuem, das Vergehen des Alten erklären und die Entwicklung als Selbstbewegung verständlich machen. *Dazu bedarf es einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption, die von der Einheit von Notwendigkeit und Zufall ausgeht, davon, daß die objektiven Gesetzmäßigkeiten nicht unbedingt alle Aspekte eines Prozesses genau festlegen, so daß Raum bleibt für verschiedene Möglichkeiten*. Dadurch überwindet man die völlige Determiniertheit (absolute Sicherheit) und den Indeterminismus (hohe Unwahrscheinlichkeit des Ereignisses) und gelangt zu der richtigen Feststellung, daß Entwicklungsstufen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erreicht werden. Wie im ersten Teil deutlich gemacht wurde, ist der Begriff der Wahrscheinlichkeit nicht das Ergebnis unseres Mangels an Kenntnissen, der später durch wachsendes Wissen zugunsten wiederum einer völligen Determiniertheit überwunden werden kann, sondern Ausdruck innerer Widersprüche der Materie. Die Kategorie der Möglichkeit ist damit bei der Formulierung wissenschaftlicher Gesetze unentbehrlich. *Das Wahrscheinlichkeitsgesetz gibt an, welche Prozesse möglich sind, die Verwirklichung ist im Einzelfall zufällig*. Für das Verständnis der Entstehung von Neuem muß gesagt werden, daß der Zufall nicht nur als störendes, sondern auch als aufbauendes Moment eine Wirkung besitzt und daher nicht nur als entfernter, unwesentlicher Zusammenhang auftritt. Dies wird leider häufig übersehen.

Nach eben einem solchen Typ von Gesetzen muß sich die Evolution der Lebewesen vollzogen haben. Für einen bestimmten evolutionären Prozeß gibt das Gesetz die Wahrscheinlichkeit an, mit der sich eine erbliche Veränderung in einem Teil der Population mittels Selektion durchsetzt. Dabei ist zufällig, nämlich in bezug auf die Mutation selbst, welche Individuen davon betroffen sind und daher bei Vorhandensein einer bestimmten Umwelt selektiert werden können. Auf Grund der Beziehungen zwischen Mutation und Selektion erhält der Entwicklungsprozeß einen gesetzmäßigen Charakter.

Die DARWINsche Entwicklungstheorie ist der gelungene Versuch, ausgehend von der Existenz objektiver Möglichkeiten (eine dialektische Denkweise, die sich später auch in der Quantenphysik als besonders fruchtbar erwies) und gestützt auf den Begriff der Selektion, die Entwicklung der Lebewesen nachzuweisen und verständlich zu machen. Es ist in diesem Zusammenhang wichtig und gerade gegenüber MONOD zu betonen, daß sich das Verständnis der Klassiker des Marxismus-Leninismus für die dialektischen Beziehungen zwischen Notwendigkeit und Zufall nicht nur auf HEGEL, sondern eben gerade auch auf die Erkenntnisse DARWINs stützte. Der Zufall ist objektiv und nicht [409] nur als Erscheinungsform eines letzten Endes doch allein notwendigen Prozesses zu verstehen.

Heute wissen wir, daß auf Grund äußerer und insbesondere innerer Ursachen bei der Übertragung der Erbinformation sowohl Fehlablesungen als auch andere schwerwiegende Veränderungen an der DNS auftreten; durch diese Veränderungen bzw. Mutationen werden immer neue Möglichkeiten der Entwicklung geschaffen. Progressive Evolution beruht also auf der Verwirklichung immer neuer Möglichkeiten mit der Auslese der geeignetsten Varianten für die Produktion hoher Nachkommensraten unter bestimmten Umweltbedingungen. Das ist es, was schon DARWIN deutlich machte, obwohl er die Ursachen der Variabilität selbst noch nicht kannte. Daß durch die Selektion das Element der Notwendigkeit in den Evolutionsprozeß hineingetragen wird, führt vor allem auch Nobelpreisträger M. EIGEN in seinem durchaus kritischen Vorwort zur deutschsprachigen Ausgabe des erwähnten Buches von MONOD aus (**30d**). Wie wir im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeitet haben, wendet sich EI-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

GEN, wie auch schon OPARIN (**117**), gegen die Verabsolutierung des Zufalls und betont die Einheit von Notwendigkeit und Zufall in der Evolution.

Die Ergebnisse der modernen Naturwissenschaft verallgemeinernd, ergibt sich für das Entwicklungsdenken als weltanschauliche Position: Die Materie birgt in ihren Bewegungsformen unendliche Entwicklungsmöglichkeiten in sich. Jede einzelne Bewegungsform für sich hat nur begrenzte Möglichkeiten einer weitergehenden Entwicklung. Diese Begrenzung wird jedoch durch die innere Widersprüchlichkeit der Materie gesprengt; das führt zu einer höheren Stufe der Entwicklung der Materie mit neuen Gesetzmäßigkeiten und grundsätzlich neuen Möglichkeiten der weiteren Entwicklung (**3**), wie sich dies bei den Übergängen von der rein physikalisch-chemischen zur biologischen und von der biologischen zur gesellschaftlichen Bewegungsform der Materie zeigt. Nur eine solche Konzeption, die weder der Annahme einer starren Notwendigkeit, noch einer „reinen", „blinden" Zufälligkeit folgt, sondern die Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen sieht, kann die reale Entwicklung in Natur und Gesellschaft wirklich verständlich machen und damit auch die Grundlage für eine optimistische Weltanschauung bieten. Sie orientiert die Tätigkeit des Menschen darauf, die Widersprüche zu lösen, die objektiv-realen Möglichkeiten zur Veränderung der Welt richtig einzuschätzen und damit eine Höherentwicklung der menschlichen Gesellschaft zu erreichen.

MONOD (**106a**) unternimmt den Versuch, den dialektischen Materialismus auf der Grundlage molekularbiologischer Erkenntnisse zu „widerlegen". Für seine Konzeption ist in der Tat eine offene Feindseligkeit gegen den Marxismus-Leninismus charakteristisch. Der Marxismus wäre bisher nur revidiert worden, zur Rettung des „wirklichen Sozialismus" käme es aber nun darauf an, ihn überhaupt aufzugeben. Nach MONOD handelt es sich beim Marxismus-Leninismus um eine Ideologie des „Animismus", die zu alten Mythen zurückführe. Zu dieser absurden These gelangt er dadurch, daß er dem [410] Marxismus-Leninismus im wesentlichen die Auffassung des Prädeterminismus unterschiebt, die er dann vor allem von der Position des reinen Zufalls bzw. Indeterminismus aus angreift. Für jeden wirklichen Kenner der marxistisch-leninistischen Philosophie ist jedoch von vornherein klar, daß weder der mechanische Determinismus noch der Indeterminismus, sondern allein die Auffassung von der Einheit von Notwendigkeit und Zufall der wirklichen Position des Marxismus-Leninismus entspricht.

### 10.9.3. Die Notwendigkeit der Evolution

Wir hatten hervorgehoben, daß die biologische Evolution als ein Prozeß der Selbstorganisation verstanden werden muß, der die Existenz des Zufalls im natürlichen Mutationsgeschehen zur Voraussetzung hat.

Betrachten wir nun die Problematik der Selbstorganisation in der Evolution. Es zeigt sich, daß die (in Teil I, Kap. 2.1.2.) getroffene Feststellung, daß die Biosphäre prinzipiell nicht in allen ihren Formen physikalisch deduzierbar ist und daher das jetzt Faktische als nur *eines* von mehreren auf früheren Stufen noch Möglichen als gleichberechtigt zu den physikalischen Grundgesetzen hinzutritt, nur eine Folge der These ist, daß der objektive Zufall in der Evolution eine wesentliche Rolle spielt. *Formal gesehen bedeutet dies, daß bei Wiederholung der gesamten Evolution, beginnend mit exakt gleichen anorganischen Anfangsbedingungen, nicht genau eine in allen ihren wesentlichen Formen mit der heutigen identische Biosphäre entstehen würde*. Dies im Unterschied zu Systemen, die den Prinzipien und Gesetzen der klassischen Physik folgen.

Was jedoch die Evolution als Ganzes betrifft, so muß man sie mit EIGEN und PRIGOGINE entgegen den Behauptungen MONODs als „grundsätzlich unabwendbar" unter den Bedingungen der Urerde, d. h. als notwendig, also gesetzmäßig betrachten. Die Entstehung einer

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Biosphäre auf der Erde ist also *nicht*, wie MONOD meint, ein besonderes Einzelereignis, für das es keine Notwendigkeit gibt, das ebenso hätte ausbleiben können.

MONOD schreibt: „Die These, die ich hier vortrage, besagt, daß die Biosphäre keine prognostizierbare Klasse von Objekten oder Erscheinungen enthält, sondern selber ein besonderes Ereignis darstellt, das gewiß mit den fundamentalen Prinzipien vereinbar, aus ihnen aber *nicht ableitbar* ist, das seinem Wesen nach also unvorhersehbar ist“. (**106a**, S. 57.)

In dieser These steckt der zentrale Punkt der Auseinandersetzung, denn während Vertreter des dialektischen Materialismus sowie dialektisch und materialistisch denkende Naturwissenschaftler die Gesetzmäßigkeit der Evolution betonen und sich bemühen, diese aufzuklären, besteht der entscheidende Gedanke bei J. MONOD in der These, das Leben sei durch eine Reihe höchst unwahrscheinlicher Ereignisse hervorgebracht worden. Die entgegengesetzte Annahme, die Überzeugung von der Notwendigkeit der [411] Evolution, beruht jedoch nicht auf einer animistischen Projektion, d. h. auf einem Wunschdenken, das nach MONOD in einem sogar biologisch begründbaren Bedürfnis des Menschen nach absoluter Erklärung wurzeln soll. Diese Überzeugung läßt sich u. a. begründen durch einige neue Ergebnisse der Physik, die MONOD, was PRIGOGINE deutlich macht (**2b**),[1] nicht berücksichtigt hat. So haben PRIGOGINE und GLANSDORFF, wie wir deutlich machten, zeigen können, daß in einem fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht befindlichen System mit Notwendigkeit Prozesse der Selbstorganisation einsetzen, die wegen der Instabilität der initialen Situation ausgelöst werden durch zufällige Schwankungen, die ihrerseits wiederum unvermeidbar sind.

Die Schwankungen, die dem System erlauben, die dem thermodynamischen Gleichgewicht benachbarten Zustände zu verlassen, stellen das Wahrscheinlichkeitselement, den Anteil des Zufalls dar. Dagegen stellt die Instabilität des Milieus, die Tatsache, daß diese Schwankungen wachsen werden, eine Notwendigkeit dar. Zufall und Notwendigkeit wirken zusammen, hebt PRIGOGINE hervor (**2b**), sie widersprechen sich nicht, wie J. MONOD dies meint. Er greift das von MONOD gewählte Beispiel vom Kieselstein (vgl. S. 403) auf und macht geltend, daß das, was an diesem Kieselstein wesentlich ist, aus den Prinzipien der Thermodynamik und der Mechanik stetiger Medien, d. h. aus dem Ordnungsprinzip von BOLTZMANN durchaus deduziert werden kann. Natürlich ist die spezielle Konfiguration eines Kieselsteins (der Ort der Atome, die ihn zu einem bestimmten Zeitpunkt bilden) aus diesen Prinzipien nicht zu berechnen. Die Frage ist jedoch, ob man dies überhaupt wissen will oder ob es nicht vielmehr das Ziel der Wissenschaft hier nur ist und sein kann, allgemein-notwendige Zusammenhänge aufzudecken. Die Physik interessiert sich beim Kieselstein z. B. für die allgemeinen Eigenschaften der Verteilung der Atome und dafür, ob sie zumindest im Durchschnitt reproduzierbar sind. Diese allgemeinen Eigenschaften kann die Physik auch aus der Kenntnis der Teile und ihrer Wechselwirkung ableiten.

Hinsichtlich des Charakters der Gesetzmäßigkeit liegt wahrscheinlich eine analoge Situation bei der Entwicklung der Biosphäre vor. Auch hier kann angenommen werden, daß die spezielle Form des Lebewesens nicht deduzierbar ist. Es ist jedoch anzunehmen, daß es allgemeinnotwendige Zusammenhänge gibt, welche *die allgemeine Richtung und Struktur der Entwicklung der Organismen bestimmen*.

Wenn die Gesetzmäßigkeit der Evolution verteidigt wird, so ist damit also in keiner Weise die Behauptung verbunden, daß alles in allen Einzelheiten von diesen Gesetzmäßigkeiten

[1] Wir folgen hier einer Stellungnahme von ILYA PRIGOGINE, der hervorhob: „Ich glaube in der Tat, daß MONOD die jüngste Entwicklung der Physik nicht berücksichtigt hat. Es ist die besondere Bedeutung der Arbeiten MANFRED EIGENs, die demnächst in der Zeitschrift ‚Naturwissenschaften‘ erscheinen werden, daß diese sehr wohl die neuesten Erkenntnisse beachten.“ Vgl. Gespräch zwischen JEAN AMÉRY und ILYA PRIGOGINE in „Merkur“ Nr. 283/71 und „Sinn und Form“, Zweites Heft, Berlin 1972.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

festgelegt wird, sondern daß das Wesent-[412]liche der Struktur und Entwicklung der Lebewesen durch Gesetze bestimmt wird und durch deren Erkenntnis auch erfaßt werden kann.

Gerade auch die Universalität des genetischen Codes weist darauf hin, daß ein allgemeinnotwendiger Zusammenhang besteht, der die wesentlichen Eigenschaften des Lebens bestimmt.

Die Einführung der dissipativen Strukturen, die Aufeinanderfolge der Instabilitäten, die sich daraus ergibt, führen zu der berechtigten Annahme, daß man wesentliche Eigenschaften des Lebens aus „ersten Prinzipien“ ableiten kann. Während die Schwankungen zufällig sind, ist die Selbstorganisation dagegen eine Notwendigkeit, die sich aus der Instabilität der Initialsituation ergibt.

Hier haben wir ein klares Beispiel, wie der Zufall durch das System, in dem er auftritt, eine Notwendigkeit hervorbringt. Diese Notwendigkeit heißt allerdings nicht, wie in der klassischen Physik, wohldeterminierter Ablauf in der Zeit, sondern die Notwendigkeit der Entstehung einer bestimmten Qualität.

Dies bezeichneten wir als allgemein-notwendigen Zusammenhang (vgl. Teil I).

M. EIGEN hat dies, wie deutlich gemacht wurde, konkretisiert und gezeigt, daß sich solch eine Selbstorganisation in Richtung auf eine Biosphäre in solchen makromolekularen Systemen vollzieht, die autokatalytische Eigenschaften aufweisen, welche ihrerseits ein Selektionsverhalten hervorrufen, wobei die PRIGOGINEschen Schwankungen in zufälligen Mutationen bestehen.

M. EIGEN kommt auf dieser Grundlage zu folgender für die Diskussion um die Gesetzmäßigkeit der Evolution entscheidenden These: „Jedes durch Mutation und Selektion erhaltene System ist hinsichtlich seiner individuellen Struktur unbestimmt, trotzdem ist der resultierende Vorgang der Evolution zwangsläufig – also Gesetz. Das Auftreten einer Mutation mit selektivem Vorteil entspricht einer Instabilität, die mit Hilfe des Prinzips von PRIGOGINE und GLANSDORFF für stationäre, irreversible thermodynamische Prozesse als solche erklärt werden kann. Der Optimierungsvorgang der Evolution ist somit im Prinzip unausweichlich, hinsichtlich der Auswahl der individuellen Route jedoch nicht determiniert.“ (**30c**, S. 521.)

Die von PRIGOGINE auf stationäre Zustände erweiterte thermodynamische Theorie irreversibler Prozesse war also von großem Einfluß auf die Überlegungen von M. EIGEN. Man kann sagen, daß es sich bei seiner Arbeit um eine spezielle Anwendung der Prinzipien von PRIGOGINE auf autokatalytische molekulare Systeme handelt.

Die Phänomene der fehlerhaften Replikation entsprechen nach EIGEN und PRIGOGINE einem neuen Typ von Schwankungen im thermodynamischen Sinne. Diese Schwankungen können gedämpft oder verstärkt werden.

Aus dieser Sicht entspricht die Evolution einer Reihe von Instabilitäten, einer Verstärkung von Schwankungen. Ein vielstufiger Prozeß führt bis zu einem von Makromolekülen beherrschten Zustand, der genügend Stabilität gegenüber diesen Schwankungen aufweist. Erst bei einer Wechselwirkung [413] zwischen Proteinen und Polynukleotiden ist es möglich, einen solchen Endzustand zu erreichen, der durch einen genetischen Code charakterisiert ist und damit eine entsprechende Stabilität gegenüber auftretenden Fehlern aufweist. Dieser vielstufige Entwicklungsprozeß wird bis zu diesem Punkt und darüber hinaus vorangetrieben durch zufällige Mutationen, die der Selektion unterworfen sind.

Es ist daher sinnvoll, hier nochmals auf die Rolle des Zufalls in der Evolution zurückzukommen (vgl. **41b**).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Hinsichtlich der Rolle des Zufalls in den hier zur Diskussion stehenden makroskopischen Prozessen sollen zunächst vier prinzipielle Möglichkeiten unterschieden werden:

1. Massenhafter Zufall im Mikroskopischen, der zur reinen Determiniertheit führt.

2. Unwesentliche Seiten des Makroprozesses sind zufällig.

3. Wesentliche Seiten des Makroprozesses sind zufällig.

4. Absoluter Zufall, der über Sein oder Nichtsein entscheidet.

Mit der erstgenannten Rolle des Zufalls allein haben wir es in den mechanisch determinierten Systemen, z. B. einer Kanone, die immer in der gleichen Weise schießt, zu tun. In der Evolution tritt diese Rolle des Zufalls natürlich auch in Erscheinung, da es sich bei den Mutationen um einen Massenprozeß handelt. Die anderen Möglichkeiten würden jedoch nur dann fortfallen, und die Evolution wäre in ihrem gesamten Ablauf streng determiniert, wenn in jeder einzelnen Population in jeder Generation alle Möglichkeiten, d. h. alle Nukleinsäuresequenzen durchgespielt werden könnten. Dies ist völlig unmöglich, eine solche Biosphäre würde nicht einmal im uns zugänglichen gesamten Weltraum Platz finden.

So beträgt allein schon die Zahl der Möglichkeiten für ein Polypeptid mit 100 Aminosäuren nicht weniger als $10^{130}$. Angesichts dieser Zahl wäre die Wahrscheinlichkeit, daß irgendwo überhaupt Leben entstehen konnte, praktisch gleich Null, wenn es an irgendeiner Stelle des Prozesses auf eine einzige ganz bestimmte Sequenz ankommen würde. Für das materialistische Verständnis der Evolution ist daher die von EIGEN betonte Feststellung entscheidend wichtig, daß keine eindeutige Beziehung zwischen Sequenz und Funktion besteht. Sehr viele verschiedene Sequenzen können die gleiche Funktion bewirken und daher ist das Auftreten einer bestimmten Funktion um viele Größenordnungen wahrscheinlicher als das Auftreten einer bestimmten Sequenz. Man kann nun weiterhin davon ausgehen, daß der Selektion stets genügend viele qualitativ und quantitativ verschiedene Funktionen zur Verfügung stehen, eine durch den Selektionswert bedingte wohldeterminierte Auswahl erfolgt. Dem Zufall bleiben dann nur unwesentliche Seiten im Sinne von Punkt 2 überlassen, nämlich z. B. die spezielle Sequenz, mit der die notwendigerweise ausselektierte Funktion zufällig realisiert wurde. Dieses Moment des Zufalls spielt sicher eine Rolle in der Evolution. So schreibt z. B. MONOD: „Diese Strukturen sind in dem Sinne zufällig, als es [414] unmöglich ist, irgendeine theoretische oder empirische Regel zu formulieren, mit der sich aus einer genauen Kenntnis von 199 eines aus 200 Bausteinen bestehenden Proteins die Beschaffenheit des restlichen, noch nicht durch die Analyse festgestellten Bausteins vorhersagen ließe.“ (**106a**, S. 121.) Tatsächlich gibt es aber eine solche Regel: Man muß die Funktion des Proteins in Abhängigkeit von jenem letzten Baustein untersuchen. Hängt die Funktion davon ab, dann läßt er sich, eingedenk der Selektion, voraussagen. Anderenfalls ist der Baustein tatsächlich zufällig, aber diese Zufälligkeit ist ganz unwesentlich im Sinne von Punkt 2 und kann daher nicht zur Stützung des philosophischen Standpunktes von MONOD dienen.

In jüngster Zeit wurden molekularbiologische Evolutionsstudien durchgeführt, die ebenfalls diesen Gesichtspunkt bestätigen. So zeigt z. B. der von DAVIS und HYMAN (**23c**) durchgeführte Vergleich bestimmter DNS-Abschnitte der Bakteriophagen T3 und T7 mit der Hybridisationstechnik, daß es sowohl sehr variable als auch sehr invariante Abschnitte gibt. Die letzteren scheinen mit Promotor- und Operatorregionen identisch zu sein. Offenbar wird der Zufall dort eliminiert, wo sich das aus der Funktion ergibt.

Wir haben uns dann zu fragen (vgl. **41b**), ob sich die Rolle des Zufalls im bisher Untersuchten erschöpft und kommen damit zu Punkt 3. Eine volle Determination im Sinne des Wesentlichen würde voraussetzen, daß in jedem Moment der Evolution und in jeder Population gleichzeitig alle objektiven Möglichkeiten hinsichtlich neuer Funktionen hinreichend oft rea-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

lisiert wären. Nur dann könnte man erwarten, daß bei einer gedachten Wiederholung mit Notwendigkeit die gleiche Wahl getroffen würde. Eine solche Annahme wäre jedoch nach allem, was bisher schon gesagt wurde, völlig abwegig. Wie EIGEN gezeigt hat, bedingt der nichtlineare Charakter der Selektion, daß, wenn in einem bestimmten Moment objektiv mehrere Möglichkeiten für die Entstehung untereinander verschiedener neuer Funktionen bestehen, die alle einen höheren Selektionswert besitzen, sich die zufällig zuerst entstandene durchsetzt. Damit entstehen neue Bedingungen, unter denen die vorher noch bestehenden anderen Möglichkeiten oft nicht mehr gegeben sind.

Es dürfte in der Evolution zahllose derartige Entscheidungspunkte gegeben haben, an denen der weitere Gang der Evolution objektiv nicht, auch im Prinzip, voraussagbar war. Einer dieser entscheidenden Momente war sicher die Entstehung des genetischen Codes. MONOD schreibt dazu: „Nun scheint aber die Biosphäre – schon auf Grund der Universalität ihrer Strukturen, angefangen beim Code – das Produkt eines einmaligen Ereignisses zu sein. Natürlich ist es möglich, daß diese Einmaligkeit darauf zurückgeht, daß viele andere Versuche oder Varianten durch Selektion ausgeschaltet wurden. Diese Deutung ist jedoch keineswegs zwingend.“ (**106a**, S. 178.) Die Deutung ist tatsächlich nicht zwingend. Es ist möglich, daß unsere heutige Biosphäre von einem einzigen Punkt ausging, an dem zum erstenmal ein Translationsapparat mit einem speziellen Code entstanden [415] war. Eine solche Einmaligkeit bedeutet aber eben nicht, daß ein solches Ereignis ebenso hätte ausbleiben können. Irgendwo und irgendwann mußte ein derartiges Ereignis auf Grund seiner A-priori-Wahrscheinlichkeit, deren Größe von EIGEN auf der Grundlage von Funktion statt Sequenz abgeschätzt wurde, eintreten. Freilich hätte wahrscheinlich der spezielle Code ein anderer sein können, aber nichtsdestoweniger mußte das Leben entstehen, das ja nach MONODs eigener Meinung nicht von einem speziellen Code abhängt. Die Universalität des Codes wäre dann nur eine Folge der zu erwartenden Unmöglichkeit eines zweiten solchen Ereignisses, nachdem durch das erste die Selektionsbedingungen radikal verändert wurden.

Wir können also festhalten, daß der objektive Zufall eine wesentliche Rolle in der Evolution spielt. Er ist ein wesentliches Element und nicht nur Störung und Erscheinungsform der Notwendigkeit, sondern die Notwendigkeit ist auch Erscheinungsform des Zufalls. Die Entstehung einer Biosphäre ist jedoch, wenn auch auf molekularen Zufallsprozessen beruhend, nicht zufällig, sondern notwendig. Die vierte denkbare Rolle des Zufalls scheidet also aus.

MONOD unterscheidet zwischen Vitalisten wie BERGSON, die zur Erklärung der Lebensprozesse ein geistiges Prinzip (élan vital) einführen, und „wissenschaftlichen Vitalisten“, zu denen er z. B. DRIESCH, BOHR und ELSASSER rechnet, die einen die physikalisch-chemischen Prozesse ergänzenden rein biologischen Prozeß annehmen.[1] Während im ersten Falle die belebte Materie in direktem Gegensatz zur unbelebten Materie steht, sind es im zweiten, entsprechend dem Komplementaritätsprinzip, zwei sich gleichzeitig ausschließende und ergänzende Seiten der Materie (vgl. S. 106 f.). Weiter gibt es nach MONOD die „Animisten“, zu denen er TEILHARD DE CHARDIN und zu Unrecht auch die Vertreter des dialektischen Materialismus rechnet. Nach MONOD projizieren die Animisten ihr menschliches Wesen in die ganze belebte und unbelebte Natur, deren einziges und von vornherein gegebenes Ziel die Hervorbringung des Menschen sei. Mit seiner Kampfansage gegen die, wie er

[1] Wenn hier im einzelnen auch nicht darauf eingegangen werden kann, so sei doch vermerkt, daß u. E. auch die Gleichsetzung von H. DRIESCHs Auffassungen mit denen von N. BOHR und W. ELSASSER nicht gerechtfertigt ist. Wenn durch die Konzeption der verallgemeinerten Komplementarität das Problem des Mechanismus-Vitalismus-Streites auch nicht wirklich gelöst wird, so ist die Position selbst jedoch kein Vitalismus im Sinne DRIESCHs. Sie geht ja gerade von der Erkenntnis der Fehlerhaftigkeit des Vitalismus, aber auch des Mechanizismus aus. W. ELSASSER grenzt sich deutlich von DRIESCHs Annahme eines nichtphysikalischen Prinzips, das die Materie kontrolliert, solange sie lebend ist, ab. (Vgl.: W. M. ELSASSER: Atom and Organism a new approach to theoretical biology, Princeton 1966.)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sagt, „anthropozentrische Illusion“, wendet sich J. MONOD zunächst zu Recht gegen die teleologische Entwicklungskonzeption von TEILHARD DE CHARDIN, für den alle Entwicklung ausgerichtet ist auf die Hervorbringung des Menschen und über die menschliche Gemeinschaft zum Punkte Omega (**165**).

[416] Nach einer durchaus richtigen, der Bedeutung (**80b**) des Teilhardismus für das katholische Denken jedoch nicht voll gerecht werdenden Kritik an den idealistischen Auffassungen von Pater TEILHARD DE CHARDIN behauptet MONOD aber, daß dies die zentrale Idee des „Progressismus“ des 19. Jahrhunderts sei, die man auch bei SPENCER und bei MARX und ENGELS finde. MONOD wendet sich gegen die Dialektik der Natur, weil, wie er meint, durch sie der Mensch ungerechtfertigt stark in den Mittelpunkt gerückt wird. „Ursache dieser Fehler ist ganz gewiß die anthropozentrische Illusion. Die heliozentrische Theorie, der Trägheitsbegriff, der Objektivitätsgrundsatz – das alles konnte nicht ausreichen, um das alte Trugbild zu zerstreuen. Weit davon entfernt, die Illusion verschwinden zu lassen, schien die Evolutionstheorie ihr neue Realität zu verleihen, indem sie den Menschen nun nicht mehr zum Mittelpunkt, dafür aber zum seit jeher erwarteten natürlichen Erben des gesamten Universums machte. Endlich konnte Gott sterben, weil an seine Stelle diese neue grandiose Täuschung trat. Von nun an ist es die höchste Absicht der Wissenschaft, gestützt auf wenige Grundsätze eine einheitliche Theorie zu formulieren, die die gesamte Wirklichkeit einschließlich der Biosphäre und des Menschen erklärt. Von dieser erhebenden Gewißheit nährte sich der wissenschaftliche Fortschrittsglaube des 19. Jahrhunderts. Diese einheitliche Theorie glaubten die materialistischen Dialektiker tatsächlich schon formuliert zu haben.“ (**106a**, S. 54/55.)

MONOD hat recht, wenn er sich gegen die Auffassung wendet, daß alle Entwicklung von vornherein darauf gerichtet sei, den Menschen hervorzubringen. Er hat jedoch unrecht, wenn er eine solche präformistische oder teleologische Konzeption dem dialektischen Materialismus unterstellt. So schrieb MARX 1861 an LASALLE: „Sehr bedeutend ist DARWINs Schrift ..., hier (ist) zuerst der ‚Teleologie‘ in der Naturwissenschaft nicht nur der Todesstoß gegeben, sondern der rationelle Sinn derselben empirisch auseinandergelegt.“ (**103a**, S. 578.) Auch ENGELS wußte, daß die objektive Zufälligkeit im Lebensgeschehen mit teleologischen Konzeptionen unvereinbar ist.

Man kann daher auch nicht aus den Bemerkungen: „In Wahrheit aber ist es die Natur der Materie, zur Entwicklung denkender Wesen fortzuschreiten, und dies geschieht daher auch notwendig immer, wo die Bedingungen (nicht notwendig überall und immer dieselben) dazu vorhanden“ (**103b**, S. 479), wie auch nicht aus der von MONOD angeführten ähnlichen Textstelle (**103b**, S. 327) eine anthropozentrische teleologische Position, den Gedanken einer schematischen Wiederholung, der Hervorbringung des Menschen als einzigen Zweck, als „Bestimmung“, als höchstes Ziel der Entwicklung der Materie herauslesen.

J. MONOD wendet sich gegen die Dialektik der Natur, weil durch sie, wie er meint, menschliche Vorstellungen in die Natur projiziert würden.

Nach der Auffassung des dialektischen Materialismus ist jedoch, wie wir schon ausgeführt haben, die Dialektik des Denkens die Widerspiegelung der in der Wirklichkeit objektiv existierenden dialektischen Verhältnisse und Beziehungen. Es gehört zu den größten erkenntnistheoretischen Lei-[417]stungen des dialektischen Materialismus, auf die Fähigkeit des menschlichen Gehirns zur subjektiven Widerspiegelung der objektiven Realität nachdrücklich hingewiesen und deutlich gemacht zu haben, daß diese Fähigkeit zur Informationsaufnahme und -verarbeitung selbst sich aus niederen Formen entwickelt hat und damit zumindest teilweise den Gesetzen der biologischen Anpassung unterworfen war. Damit wurde verständlich, daß ein materielles Substrat, das sich durch verschiedene Stufen der Auseinandersetzung von Lebewesen mit der Umwelt zur höchsten Leistungsform des Gehirns entwickelt hat,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

komplizierteste Entwicklungsprozesse und dialektische Wechselwirkungen der Materie aufzudecken in der Lage ist.

In diesem Zusammenhang möchten wir an die Hypothese W. I. LENINs erinnern, wonach Widerspiegelung möglicherweise eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist. (**95**, S. 35.) Gerade die Ergebnisse der Molekularbiologie über Erkennungsleistungen von makromolekularen Systemen und Regulationsvorgängen im Zellstoffwechsel oder die der Kybernetik bei Untersuchungen über Informationserzeugung und -verarbeitung weisen nachdrücklich auf die Berechtigung solcher Annahmen hin (vgl. S. 420 f.). Der entscheidende Beweis für die Tatsache der Widerspiegelung der objektiven Dialektik im menschlichen Denken liegt natürlich in der zunehmenden Beherrschung natürlicher und gesellschaftlicher Prozesse, in den Resultaten der Laboratorien und der Industrie.

Hinsichtlich des Vorwurfs einer animistischen Projektion muß also festgestellt werden, daß MONOD den prinzipiellen Unterschied zwischen der materialistischen Dialektik von MARX und ENGELS und der idealistischen Dialektik HEGELs nicht erfaßt hat. So sieht er auch nicht den Unterschied zwischen der dialektisch-materialistischen Entwicklungskonzeption und der teleologischen, mystifizierten Entwicklungskonzeption von TEILHARD DE CHARDIN, sondern behandelt beide gleich.

Für TEILHARD DE CHARDIN ist in der Tat das höchste Ziel der Evolution die Hervorbringung des Menschen und damit des Bewußtseins, wobei auch auf niederen Entwicklungsstufen, wenn auch nur in Keimform, schon Bewußtsein vorliegen soll (vgl. S. 424).

Wenn vom dialektischen Materialismus als Hypothese formuliert wird, daß möglicherweise die Widerspiegelung eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei, dann wird davon ausgegangen, daß sich diese Eigenschaft im Zuge ihrer Entwicklung, in dialektischer Einheit von Notwendigkeit und Zufall, schrittweise, über qualitative Sprünge zu immer höheren Formen der Widerspiegelung, bis zu ihrer höchsten Stufe, der ideellen Widerspiegelung, entwickelt hat. Auch hier liegt weder ein völlig prädeterminierter noch völlig indeterminierter Prozeß vor.

Die Evolution als Optimierungsprozeß ist gerade ein Ausdruck der gesetzmäßigen Entwicklung der Materie zu höherer Organisation bei Unbestimmtheit der Realisierung im Einzelprozeß. Sie bedeutet weder den Prädeterminismus noch den Indeterminismus. Wie eingangs schon festgestellt wurde, kennt MONOD nur die absolute Notwendigkeit einerseits und den absoluten [418] Zufall andererseits, aber nicht die Einheit von Notwendigkeit und Zufall in der objektiven Möglichkeit. Auf einer solchen Grundlage ist es ihm nicht möglich, den gesetzmäßigen Übergang von einer Bewegungsform der Materie in eine andere zu erfassen, denn wenn es gesetzmäßig, im Sinne von absolut notwendig wäre, dann müßte in der Tat alles schon auf die Entwicklung des Menschen hin angelegt gewesen sein. MONOD hebt dagegen die absolute Einmaligkeit der Entstehung des Menschen als Art hervor, die einem absoluten Zufall zu danken sei.

Aus der Annahme der absoluten Einmaligkeit der Entstehung des Menschen zieht MONOD folgenden pessimistischen existentialistischen Schluß: Der Mensch muß „endlich aus seinem tausendjährigen Traum erwachen und seine totale Verlassenheit, seine radikale Fremdheit erkennen. Er weiß nun, daß er seinen Platz wie ein Zigeuner am Rande des Universums hat, das für seine Musik taub ist und gleichgültig gegen seine Hoffnungen, Leiden oder Verbrechen“. (**106a**, S. 197 f.)

Für KARL MARX dagegen führt die Entwicklung des Menschen nicht zur Vereinzelung und Vereinsamung, sondern er sieht in der kommunistischen Gesellschaft die Form des Zusammenlebens der Menschen, wo die Freiheit des einzelnen die Bedingung der Freiheit aller ist. Der Begriff der Freiheit ist daher aber gerade nicht mit dem Begriff des Indeterminismus

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

gleichgesetzt, sondern beinhaltet im Gegenteil eine verstärkte Determinierung, eine Selbstdeterminierung, die aus dem gesellschaftlichen Wesen des Menschen, Mensch unter Menschen zu sein, hervorgeht, wobei, wie beim Übergang von einer Gesellschaftsformation zu einer anderen deutlich wird, die innere Determiniertheit sich erst schrittweise ausbildet und zu ihrer vollen Entfaltung das gesellschaftliche Eigentum an den Produktionsmitteln zur Voraussetzung hat.

**10.9.4. Wissenschaftliche Voraussicht und gesellschaftliche Entwicklung**

In seiner Arbeit über MARX hob LENIN hervor, daß die Verdienste von MARX und ENGELS darin bestehen, daß sie die Arbeiterklasse zu Selbsterkenntnis und Selbstbewußtsein erzogen und an die Stelle von Träumereien die Wissenschaft gesetzt haben. LENIN schrieb: „MARX, der den philosophischen Materialismus vertiefte und entwickelte, führte ihn zu Ende und dehnte dessen Erkenntnis der Natur auf die Erkenntnis der menschlichen Gesellschaft aus. Der historische Materialismus von MARX war eine gewaltige Errungenschaft des wissenschaftlichen Denkens. Das Chaos und die Willkür, die bis dahin in den Anschauungen über Geschichte und Politik geherrscht hatten, wurden durch eine erstaunlich einheitliche und harmonische wissenschaftliche Theorie abgelöst, die zeigt, wie sich aus einer Form des gesellschaftlichen Lebens als Folge des Wachsens der Produktivkräfte eine andere, höhere Form entwickelt – aus dem Feudalismus zum Beispiel der Kapitalismus hervorgeht.“ (**95a**)

[419] Während sich die Theorie und die wissenschaftlichen Voraussagen des Marxismus-Leninismus über die gesellschaftliche Entwicklung unserer Epoche in einer mehr als 130jährigen Praxis des Klassenkampfes glänzend bestätigt haben, gelangt MONOD aus der dargestellten Interpretation bestimmter Ereignisse der Molekularbiologie, speziell durch Betrachtung des Laktose-Operons des Darmbakteriums *Escherichia coli*, zur Ablehnung der marxistisch-leninistischen Gesellschaftstheorie. Er schreibt: „Die marxistischen Gesellschaften bekennen sich noch immer zur materialistischen und dialektischen Religion der Geschichte. Ihre moralische Verfassung ist anscheinend solider als jene der liberalen Gesellschaften, aber auch verletzlicher – vielleicht gerade wegen der Strenge, die bisher ihre Stärke ausgemacht hat. Ungeachtet dessen lassen sich alle diese im Animismus verwurzelten Systeme nicht mit der objektiven Erkenntnis und der Wahrheit vereinbaren; sie stehen der Wissenschaft gleichgültig und schließlich sogar *feindselig* gegenüber: sie wollen sich die Wissenschaft zunutze machen, aber sie wollen sie nicht respektieren und ihr dienen.“ (**106a**, S. 209.)

Nachdem wir in den voraufgegangenen Abschnitten gezeigt haben, daß die naturphilosophischen Auffassungen MONODs auf einseitiger Interpretation beruhen, ist es eigentlich von vornherein klar, daß die auf ihnen fußenden gesellschaftsphilosophischen Auffassungen nicht richtig sein können. Um aber die Einheit von marxistisch-leninistischer Philosophie und Wissenschaft auch in diesem Zusammenhang deutlich herauszustellen, soll hier auf die Fragen der Determiniertheit gesellschaftlicher Prozesse und auf die „Ethik der Erkenntnis“ kurz eingegangen werden.

Während z. B. für SCHOPENHAUER die Geschichte eine chaotische Ansammlung von Fakten ist, ist sie für HEGEL ein einheitlicher geistiger Sinnzusammenhang. MONOD unterstellt MARX und ENGELS die Vorstellung HEGELs. MARX sieht aber in der Geschichte weder ein Chaos noch die Realisierung eines vorgegebenen Sinns. Die einander gesetzmäßig sich ablösenden Gesellschaftsformationen sind nicht im Sinne einer durchgehenden Teleologie zu verstehen, es gibt keinen „Sinn des Universums“. Alle wirklichen Ziele und Zwecke gehen zurück auf den Menschen, der durch seine Tätigkeit sich selbst und die Welt verändert und in der sozialistischen Gesellschaft die Gesetzmäßigkeiten eines gesellschaftlichen Lebens immer besser beherrschen lernt. Das Schicksal des Menschen ist in der Tat nicht unvermeidbar und nicht seit allen Zeiten beschlossen, es steht nirgendwo geschrieben. Gerade dadurch, daß

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

KARL MARX nicht von der Annahme eines allgemeinen, dem Menschen vorgegebenen Sinn der Welt ausgeht, wird die Geschichte zu einer Folge immer neuer Möglichkeiten, zu verstehen nur von einer materialistischen Philosophie der Widersprüche, der revolutionären Veränderung, die bewußt auf den Vorsatz lückenloser Deduktion aus einem vorgegebenen Prinzip verzichtet.

MONOD unterstellt dem Marxismus eine teleologische bzw. präformistische Entwicklungskonzeption; nach ihr vollziehe sich die Entwicklung auch der Gesellschaft in einer ununterbrochenen Kontinuität. Nicht das erste Mal [420] versuchen Kritiker des Marxismus-Leninismus, die Gesetzmäßigkeit mit eindeutiger Vorausbestimmung gleichzusetzen. Immer wieder unterstellen sie uns eine fatalistische Konzeption von der geschichtlichen Entwicklung als einem Prozeß, in dem sich irgendein vorgegebener Plan verwirkliche. So schreibt MONOD: „Von PLATON bis HEGEL und MARX bieten die großen philosophischen Systeme alle eine gesellschaftliche Ontogenese ... Für MARX wie für HEGEL läuft die Geschichte nach einem immanenten, notwendigen und positiven Plan ab.“ (**106a**, S. 206.) Dem setzen MONOD wie auch andere Vertreter solcher Auffassungen die These von der voluntaristisch verstandenen schöpferischen Rolle des Subjekts, die Leugnung jeglicher historischer Notwendigkeit entgegen.

In Wirklichkeit schmälern aber gesellschaftliche Gesetze als allgemein-notwendige Zusammenhänge im Sinne des dialektischen Determinismus in keiner Weise die Aktivität des Subjekts, sondern ihre Beherrschung ist Grundbedingung für die Entfaltung der menschlichen Freiheit. Die Aktivität des Subjekts ist also nicht mit Willkür gleichzusetzen. Im Verlaufe der Geschichte werden die Verhältnisse, unter denen die Menschen tätig sind, immer mehr durch ihr Tun, durch ihr Wesen, Menschen unter Menschen zu sein, bestimmt. Die Menschen können aber die Verhältnisse nicht nach Belieben wählen. Es sind die Verhältnisse der *jeweiligen* Epoche, welche die Entwicklungs*möglichkeiten* bestimmen. Die allgemeine historische Notwendigkeit anzuerkennen und damit die allgemeine Richtung der gesellschaftlichen Entwicklung, heißt nicht, die Vielfalt der Möglichkeiten zu negieren. (**44b**). Die Philosophie vor MARX verharrte auf Grund der Klassenschranken weitgehend in der Betrachtung, sie hatte daher auch kein oder nur ein abstraktes Verhältnis zur Zukunft. Die Philosophie der Arbeiterklasse dagegen stellt die Frage nach den objektiv realen Möglichkeiten zur Veränderung der Welt im Interesse der Menschen.

MONOD versucht, einen „wirklichen Sozialismus“ auf der „Ethik der Erkenntnis“ zu begründen und greift den wissenschaftlichen Sozialismus von MARX und ENGELS weiterhin dadurch an, daß er ihm eine „totale Verwirrung von Wert- und Erkenntniskategorien“ vorwirft. Die in der Naturwissenschaft wichtige methodische Trennung von Tatsachen- und Werturteil kann überall dort und speziell im gesellschaftlichen Bereich nicht aufrechterhalten werden, wo der Mensch einen Wert, ein Ziel erreichen will. Auch M. EIGEN „schaudert ... vor dem Gedanken einer Dogmatisierung des Objektivitätspostulats, die über die Forderung nach ständiger geistiger Auseinandersetzung hinausgeht“ (**30d**), zurück. Das eigentliche Ziel der Wissenschaft, dem Wohle des Menschen zu dienen, könnte dabei verlorengehen, denn die Ziele naturwissenschaftlicher Forschung und die Garantie der sinnvollen Anwendung ihrer Ergebnisse ergeben sich nicht aus der Naturwissenschaft selbst.

Es muß weiter ganz entschieden deutlich gemacht werden (hier folgen wir einem Hinweis von KLAUS FUCHS), daß, wenn man, wie MONOD, das „reine“ Wissen zum höchsten Wert erhebt, die Frage nach den Entscheidungskriterien der Wahrheit beantwortet werden muß. Damit tritt das „reine“, [421] „objektive“ Wissen in eine enge Beziehung zum Ziel des Handelns und verliert so die Position des höchsten, alleinigen Wertes. Für den Marxismus-Leninismus ist das Entscheidungskriterium der Wahrheit nicht abstrakt, sondern es ist die umfassende theoretisch und empirisch gestützte Praxis. Diese Frage kann nicht von Philoso-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

phen beantwortet werden, die die Welt nur zu interpretieren versuchen, sondern nur von Philosophen, die gewillt sind, die Welt zu verändern. Der Marxismus-Leninismus ist nicht abseits von der Heerstraße der Wissenschaft und der menschlichen Kultur entstanden, er vereint höchste Wissenschaftlichkeit und Menschlichkeit. Da die Arbeiterklasse an keiner Mystifizierung und Erkenntnisschranke interessiert ist, vielmehr ihre Interessen mit dem historischen Entwicklungsprozeß des gesetzmäßigen Übergangs vom Kapitalismus zum Sozialismus übereinstimmen, fördern die sozialistischen Staaten die Entwicklung der Wissenschaften, nimmt der Marxismus-Leninismus alle weiterführenden Ergebnisse der Natur-, Struktur- und Gesellschaftswissenschaften sowie der Technikwissenschaften in sich auf, um sie für den Fortschritt der gesellschaftlichen Entwicklung zu verallgemeinern und zu nutzen.

### 10.10. Information und Widerspiegelung

Das Leben beruht auf einer qualitativen besonderen Wechselwirkung eines ganzheitlichen Systems physikalisch-chemischer Prozesse, die unter den Bedingungen einer bestimmten strukturellen und biochemischen Organisation ablaufen. *Leben ist die Chemie von Molekülen, die in der Lage sind, andere Moleküle selektiv zu unterscheiden* (*elementare Identifizierungs- bzw. Erkennungsleistungen zeigen*) *und damit die Fähigkeit besitzen, sich anzupassen und zu selektionieren sowie selektioniert zu werden*. Dies führt einmal zu der Aussage, daß, wenn schon die Chemie das Phänomen der Information kennt und offensichtlich erst dieses Niveau zur Biologie hinführt, dann auch wesentliche Seiten der biologischen Qualität durch die Untersuchung der Informationsrelationen zu erfassen sind. Weiterhin führt es zum Begreifen der Bedeutung der LENINschen Hypothese, daß die Fähigkeit zur Widerspiegelung möglicherweise eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist.

Gegenüber der nicht-lebenden Natur, die weitgehend dem starren ziellosen Zwang unterworfen ist, tritt beim Lebewesen die Lenkung durch angeborene und erlernte Anweisungen hinzu. Nach G. SCHRAMM könnte man diese Anweisungen (z. B. genetische Informationen) im Sinne PLATONs als Ideen bezeichnen. Hier wird deutlich, daß das Verhältnis des Begriffs der Information zu den Begriffen der Materie und des Bewußtseins zu klären ist. Diese Fragestellung ist wichtig, da der Informationsbegriff von einigen idealistischen Philosophen dazu benutzt wird, die Grundfrage der Philosophie als ein Scheinproblem darzustellen. Sie ist wichtig, da, wie wir sehen, auch Naturwissenschaftler die Information als ideelle Größe auffassen und so im Zusammenhang mit den Prozessen der Informationsaufnahme, -speicherung, [422] -übertragung und -verarbeitung in biomolekularen Systemen auch von geistigen Prozessen im Bereich der molekularen Organisation sprechen.

So schreibt z. B. G. SCHRAMM: „Wir werden uns daran gewöhnen müssen, daß nicht nur der Mensch zu geistigen Funktionen befähigt ist, sondern auch Moleküle Anweisungen, Pläne und Ideen enthalten können. Es scheint mir, daß die von DESCARTES vollzogene Spaltung der Welt in eine ‚res cogitans' und eine ‚res extensa', einen denkenden Geist und eine tote Materie, nicht richtig sein kann. Es wird notwendig sein, a priori übernommene Begriffe durch den Vergleich mit Erfahrungstatsachen zu klären und zu vertiefen." (**146a**).

In einer anderen Arbeit schreibt er: „Im übertragenen Sinne dürfen wir daher sagen, daß Leben in dem Augenblick beginnt, in dem es der Natur gelingt zu denken, wenn also, um mit DESCARTES zu sprechen, aus der ‚res extensa' eine ‚res cogitans' wird. Die molekulare Biologie hat uns gelehrt, daß dieser Übergang nicht erst mit dem Erscheinen des Menschen, sondern viel früher auf molekularer Ebene erfolgt. Wir erkennen, daß die Materie zu Unrecht mit dem Makel der Geistlosigkeit behaftet wurde. Die Sonderstellung des Menschen beruht darauf, daß bei ihm die Gabe, Information aufzunehmen und weiterzugeben, auf das höchste vervollkommnet ist." (**146**, S. 13 f.)

Auf die Schwächen der Cartesischen Zweiteilung der Welt wurde schon an anderer Stelle

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

hingewiesen (vgl. 97 f.). In diesem Zusammenhang muß zusätzlich gesagt werden, daß sie, auf lebende Systeme angewandt, unvermeidlich zu der Schlußfolgerung führt, daß diese nichts anderes als stofflich-energetische Systeme seien. Aber die lebende Zelle ist weit mehr als nur ein Tropfen kolloidaler Gallerte. Die sich hier vollziehenden Prozesse wirken harmonisch zusammen, das ganze System ist organisiert. *Organisation ist aber ein Prinzip, das sich nicht auf eine der beiden Kategorien Kraft und Stoff zurückführen läßt*. Es handelt sich weder um Energie noch um Stoff, sondern um eine unabhängige Größe, die nicht im CGS-System gemessen werden kann, sondern nach Prinzipien der Informationstheorie, wodurch das Maß und die Art der Ordnung (bzw. negative Entropie) eines Systems Ausdruck finden kann. In dieser Tatsache, daß hier Sachverhalte zu berücksichtigen sind, die sich nicht auf die Begriffe Kraft und Stoff zurückführen lassen, die sich nicht einfach auf die Bewegung der Materie reduzieren lassen, liegt das wesentliche Gemeinsame mit geistigen Prozessen, denn es ist, wie u. a. auch SCHRAMM hervorhebt, nicht einzusehen, wie die Resultate geistig-psychischer Vorgänge (Denken und Empfinden) allein im CGS-System ausgedrückt werden können.

Überblickt man die Geschichte der Erforschung hochorganisierter zentralnervöser Prozesse, so wird deutlich, daß vor allem zwei entscheidende Einsichten in kurzer Zeit zu einem tiefgreifenden Erkenntnisgewinn geführt haben. Dies ist einmal die Entdeckung bedingter Reflexe und Reaktionen durch PAWLOW und zum anderen die durch die Kybernetik vermittelte Einsicht, daß wir auch diese hochorganisierten zentralnervösen Prozesse ver-[423]stehen können als Prozesse der Informationsaufnahme, -übertragung, -verarbeitung und -ausgabe. Es ist also richtig, wenn etwas Gemeinsames zwischen den geistigen Prozessen und den Prozessen auf molekularem Niveau hervorgehoben wird, damit ist jedoch nicht gerechtfertigt, von geistigen Prozessen im Zusammenhang mit der biomolekularen Informationsverarbeitung zu sprechen, sondern es handelt sich hier um eine objektive Erscheinung sowohl für ideelle als auch für materielle Gegebenheiten.

Wenn es richtig ist, daß grundlegende zentralnervöse Prozesse wie Wahrnehmung, sensomotorische Koordination, Begriffsbildung, Lernen und Denken ihrem objektiven Inhalt nach als Prozesse der Informationsverarbeitung angesehen werden können, dann müssen auch Denkmodelle der Kybernetik oder technisch-kybernetische Nachbildungen solcher komplexer menschlicher Leistungen, wie z. B. der Wahrnehmung, der Begriffsbildung, der Problemlösung möglich und geeignet sein, wesentliche Eigenschaften dieser Prozesse zu verdeutlichen: In der Tat ist es heute bereits möglich, technische Nachbildungen hochkomplexer menschlicher Leistungen wie z. B. der Wahrnehmung (Zeichen- und Mustererkennung), der Begriffsbildung (Vorgang der Invariantenbildung) oder auch von heuristischen Techniken des Menschen (Problemlösung) zu realisieren (KLIX, **79a**, **80**, **80a**).

Wenn es möglich ist, die wesentlichen Vorgänge, in denen der Mensch Information aufnimmt und verarbeitet (Empfindung, Wahrnehmung, Vorstellung und Denken), die gewöhnlich unter dem Begriff der Erkenntnisprozesse zusammengefaßt werden, zu objektivieren, diese geistige und psychische Tätigkeit des Menschen umzuformen in ein System von formalisierbaren Operationen, die von einem Automaten ausgeführt werden können, dann liegt es nahe zu fragen, ob nicht ähnliche objektive Prozesse in anderen Bereichen der objektiven Realität auftreten. Es wird dann erforderlich sein, den Begriff der Erkennung zu verallgemeinern und einen umfassenden Begriff für alle diese Phänomene zu haben. Hierzu bietet sich der philosophische Begriff der Widerspiegelung an.

LENIN weist mit seiner Hypothese von der Widerspiegelungsfähigkeit der Materie m. E. den Weg, wie genetisch und auch ontogenetisch der Zusammenhang zwischen Materie und Bewußtsein näher erklärt werden kann.

Er schrieb: „Der Materialismus betrachtet in vollem Einklang mit der Naturwissenschaft die

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Materie als das ursprünglich Gegebene und das Bewußtsein, Denken, Empfindung als das Sekundäre; denn die Empfindung ist in klar ausgesprochener Form nur mit der höchsten Form der Materie (der organischen Materie) verbunden, und in den ‚Grundsteinen des Gebäudes der Materie' kann man nur die Existenz einer Fähigkeit, die der Empfindung ähnlich ist, vermuten. Dies ist z. B. die Hypothese des bekannten deutschen Naturforschers ERNST HAECKEL, des englischen Biologen LLOYD MORGAN und anderer – ganz abgesehen von der ... Vermutung DIDEROTs." (**95**, S. 35.)

Diese Hypothese LENINs, daß die Fähigkeit zur Widerspiegelung eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist, gewinnt, wie wir sahen, große Bedeutung zum Verständnis der Prozesse der Informationsaufnahme, Infor-[424]mationsspeicherung und -verarbeitung zum Zwecke der Steuerung und Regulation in biomolekularen Systemen. In diesem Zusammenhang charakterisiert S. M. RAPOPORT die Prozesse der Regulation des Zellstoffwechsels wie folgt: „Sie stellen eine spezifisch biologische Form der Widerspiegelung der Materie dar und bilden das Wesen der ständigen Anpassung von Organismen an ihre Umwelt." (**131**, S. 286.)

Wenn vom dialektischen Materialismus die Hypothese von der Widerspiegelung als allgemeine Eigenschaft der Materie aufgestellt wird, dann sieht er dabei gleichzeitig, wie sich diese Eigenschaft auf dem Wege ihrer Entwicklung – durch quantitative Zunahme und qualitative Sprünge – über verschiedene Entwicklungsetappen zu immer höheren Formen der Widerspiegelung entwickelt. Er hat also nichts mit einem Panpsychismus zu tun, der eine allgemeine Belebtheit und Beseeltheit der Materie postuliert, also annimmt, daß die ganze Materie Bewußtsein besitzt, sondern bietet gerade die entscheidende Grundlage zur Überwindung panpsychistischer, holistischer und neolamarckistischer Auffassungen.

Darin unterscheiden sich diese Gedanken wesentlich von bestimmten Vorstellungen, wie sie von TEILHARD DE CHARDIN vertreten werden. Er schreibt: „Wenn sich ein Phänomen auch nur an einem einzigen Punkt gut beobachten läßt, so hat es sicher, infolge der Grundeinheit der Welt, überall seine Bedeutung und seine Wurzeln. Wohin führt uns diese Regel, wenn wir sie auf den Fall der menschlichen ‚Selbsterkenntnis' anwenden?
‚Das Bewußtsein erscheint völlig evident nur im Menschen', können wir versucht sein zu sagen, ‚es ist daher ein Einzelfall und interessiert die Wissenschaft nicht'."
„‚Das Bewußtsein erscheint evident im Menschen', müssen wir verbessern, ‚es hat daher, wenn auch nur blitzartig gesehen, eine kosmische Ausdehnung und damit die Aura unbegrenzter räumlicher und zeitlicher Fortsetzung'" (**165**, S. 31).
TEILHARD DE CHARDIN postuliert ein „Innen", das wir „in diesem oder jenem Grad überall und seit jeher in der Natur voraussetzen müssen ... *es gibt eine Innenseite der Dinge, die ebenso weit sich erstreckt wie ihre Außenseite*" (**165**, S. 31). Wenige Zeilen weiter lesen wir dann: „Ein Innen, ein Bewußtsein und deshalb Spontaneität; diese drei Ausdrücke meinen die gleiche Sache" (**165**, S. 32).

Für den dialektischen Materialismus besteht die Einheit der Welt in ihrer Materialität. Es existiert nichts als die sich bewegende, strukturierte Materie und ihre Widerspiegelung, wobei letztere an die Materie gebunden und ihr gegenüber sekundär ist. Das Bewußtsein erscheint erst auf einer relativ hohen Stufe der Entwicklung als Eigenschaft der Funktion der höchstorganisierten lebenden Materie, des Gehirns. Empirisch einen absoluten Anfang zu setzen, ist wohl in der Tat nicht möglich. Die Frage ist noch nicht beantwortet, wo es im Keim schon auftaucht oder noch nicht vorhanden ist, wie der Übergang zum Bewußtsein – dem Sich-Selbst-Erkennen der Materie – möglich ist.

Es wird sicherlich zur Aufklärung dieser Frage auch erforderlich sein, die Vorformen des Bewußtseins bis hin zu den primitivsten Formen der Widerspiegelung zu erforschen. Doch wird auch die Entwicklung zur Selbsterkenntnis der Materie – zum Wissen darüber, daß man weiß – zum Bewußtsein des Menschen, nicht nur als bloßes Wachstum, als quantitative Anhäufung an sich schon vorhandenen Bewußtseins zu verstehen sein. [425] Durch eine mechanistische bzw. teleologische Entwicklungskonzeption kann auch hier die revolutionärsprunghafte Entwicklung, wie sie vom dialektischen Materialismus erfaßt wird, nicht begriffen werden. LENIN fügt seinen Ausführungen noch folgende entscheidende Bemerkung hinzu: „... in Wirklichkeit bleibt noch eingehend zu untersuchen, wie die angeblich durchaus nichtempfindende Materie mit einer Materie verbunden ist, die aus den gleichen Atomen (oder Elektronen) zusammengesetzt ist, zugleich aber eine klar ausgesprochene

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Fähigkeit des Empfindens besitzt. Der Materialismus stellt klar die noch nicht gelöste Frage, wodurch er auf ihre Lösung hindrängt und weitere Experimentalforschung veranlaßt.“ (**95**, S. 35.)
Erst von einer materialistischen Position aus wird es überhaupt möglich sein, die Frage nach dem Ursprung des menschlichen Geistes wissenschaftlich zu stellen, eine Frage, die der Idealismus seinem Wesen nach gar nicht stellen kann, da sie sich nur stellen läßt, wenn man die Materie nicht als Erzeugnis des Geistes, sondern den Geist selbst als höchstes Entwicklungsprodukt der Materie versteht (**104**, Bd. 2, S. 347).
Wir haben jedoch das Bewußtsein des Menschen, den menschlichen Geist, nicht nur als Eigenschaft der physiologischen Tätigkeit des Gehirns zu verstehen, sondern insbesondere auch als Ergebnis der gesellschaftlichen Tätigkeit des Menschen. Es sind also immer diese beiden Seiten zu beachten: die Herausbildung der strukturellen und funktionellen Voraussetzungen, die das menschliche Gehirn wie kein anderes Organ dazu befähigen, die objektive Realität abzubilden, und zum anderen die Tatsache, daß sich die Funktion des Denkens erst im gesellschaftlichen Zusammenleben, in der praktisch die objektive Realität verändernden Tätigkeit des Menschen herausbildet, vgl. S. 125 f.

LENIN machte weiterhin deutlich, daß die materialistische Auffassung nicht darin besteht, „daß die Empfindung aus der Bewegung der Materie abgeleitet oder auf die Bewegung der Materie reduziert, sondern vielmehr darin, daß die Empfindung als eine Eigenschaft der sich bewegenden Materie erkannt wird. In dieser Frage stand ENGELS auf dem Standpunkt DIDEROTs. Er grenzte sich von den ‚vulgären‘ Materialisten VOGT, BÜCHNER und MOLESCHOTT unter anderem gerade deswegen ab, weil sie sich zu der Ansicht verirrten, als ob unser Gehirn die Gedanken ebenso absondere wie die Leber die Galle“. (**95**, S. 36-37.)

Gegen diese irrige Auffassung des „vulgären“ Materialismus richten sich auch die bekannten Worte von N. WIENER: „Das mechanische Gehirn scheidet nicht Gedanken aus ‚wie die Leber ausscheidet‘, wie frühere Materialisten annahmen, noch liefert sie diese in Form von Energie aus, wie die Muskeln ihre Aktivität hervorbringen. Information ist Information, weder Materie noch Energie. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben.“ (**185**, S. 192.) Was WIENER hier deutlich macht, ist eben die Tatsache, daß Information neben Stoff und Energie eine weitere zu berücksichtigende Größe ist. In keiner Weise wird hier der Gedanke geäußert, daß diese Tatsache zum Verlassen der materialistischen Position zwinge. Allein der „vulgäre“ Materialismus wird hier getroffen. Allerdings würde dieser Tatbestand deutlicher, wenn der in den angeführten Ausführungen verwendete Begriff Materie im Sinne von Stoff verstanden wird. „Der Begriff der Materie drückt“, wie LENIN hervorhebt, „nichts anderes aus als die objektive Realität, die uns in der Empfindung gegeben ist.“ (**95**, S. 257; vgl. [426] auch S. 40.) An anderer Stelle hebt er hervor: „Denn die einzige Eigenschaft der Materie, an deren Anerkennung der philosophische Materialismus gebunden ist, ist die Eigenschaft, objektive Realität zu sein, außerhalb unseres Bewußtseins zu existieren.“ (**95**, S 250-251.)

Die Hervorhebung der Tatsache, daß zum Verständnis der komplexen Systeme die Betrachtung der stofflichen und energetischen Zusammenhänge nicht ausreichend ist, sondern zusätzlich die Informationsrelationen zu beachten sind, bietet also keine Möglichkeit zur Abgrenzung gegenüber dem philosophischen Materialismus, wie dies u. a. STEINBUCH meint (**160**, S. VI).

Die Gegenüberstellung von Materie und Bewußtsein (wie dies bei der Materiedefinition erfolgt) ist, wie LENIN hervorhebt, nur im Zusammenhang mit der erkenntnistheoretischen Grundfrage absolut; außerhalb dieser Grenzen eine absolute Entgegensetzung vorzunehmen, wäre völlig falsch. Eine solche Konzeption trennt das Bewußtsein genetisch und strukturell von der Materie. Es kann jedoch nur verstanden werden als Entwicklungsprodukt der Materie und an eine bestimmte Organisation der Materie gebunden. Das Psychische, das Bewußtsein, ist eine besondere Eigenschaft der Materie, die sich auf dem Wege der Entwicklung durch quantitative Anreicherung sowie qualitative Sprünge zu immer höheren Formen entwickelt und im Gehirn, dem Organ der menschlichen Widerspiegelung, ihre höchste Vollendung gefunden hat.

Unsere Erkenntnisse über die Struktur der Materie werden sich ständig verändern und vervollkommnen, das Verhältnis zwischen Materie und Bewußtsein wird davon jedoch unberührt bleiben. Die außerordentliche philo-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

sophische Leistung LENINs besteht eben gerade in der Tatsache, daß er die Kategorie der Materie von jeder konkreten stofflichen Vorstellung gelöst hat. Der LENINsche Materiebegriff impliziert die konsequente materialistische Beantwortung der Grundfrage der Philosophie. In diesem Sinne ist die Gegenüberstellung von Materie und Bewußtsein absolut, aber nur hier. Erkenntnis ist also Widerspiegelung (Abbildung) der objektiven Realität im menschlichen Bewußtsein. Der Grundgedanke der von LENIN entwickelten Widerspiegelungstheorie ist, daß die Empfindungen und Wahrnehmungen ebenso wie die Gedanken und Theorien Abbilder der objektiven Realität im Bewußtsein des Menschen sind. Bewußtsein ist die höchste Form der Widerspiegelung, in der uns Menschen die objektive Realität gegeben ist.

Die Kybernetik ermöglicht es, gewisse produktionstechnische Algorithmen zu schaffen, indem bestimmte geistige Operationen gewissermaßen ins Physikalische übersetzt werden und umgekehrt. Wenn G. KLAUS in seinem Werk „Kybernetik in philosophischer Sicht“ S. 38 schreibt: „Ist die Behauptung richtig, daß diese Maschinen derartige Tätigkeiten ausführen können, so verlangt das, die Grenze zwischen Materie und Bewußtsein genauer abzustecken, als dies bis jetzt geschehen ist“, so läßt diese Bemerkung von GEORG KLAUS eine schon früher, z. B. in seinem Vorwort zur „Materialistischen Erkenntnistheorie“ von GARAUDY (S. XXXV) geäußerte Meinung wieder anklingen. Die Grenzen genauer ziehen kann jedoch nicht heißen, daß nicht mehr die *Materie* die Kategorie zur Bezeichnung der objektiven Realität und das *Bewußtsein* die Kategorie zur Bezeichnung der *ideellen Widerspiegelung* der objektiven Realität, und zwar in Urteilen, Begriffen usw. ist (vgl. HÖRZ, **59a**, S. 1491 ff.), dies kann nur heißen, daß man sich der Relativität der Gegenüberstellung von Materie und Bewußtsein außerhalb der Grundfrage der Philosophie [427] noch bewußter wird. Gegen die These von DIETZGEN, daß man die Materie weiter fassen müsse, schreibt LENIN: „Daß man in den Begriff der Materie auch die Gedanken aufzunehmen habe, wie es DIETZGEN in den ‚Streifzügen‘ (S. 214) wiederholt, ist eine Konfusion, denn dadurch verliert die erkenntnistheoretische Gegenüberstellung von Materie und Geist, von Materialismus und Idealismus ihren Sinn, eine Gegenüberstellung, auf der DIETZGEN selbst beharrt. Daß diese Gegenüberstellung nicht ‚überschwenglich‘, nicht übertrieben, nicht metaphysisch sein darf, ist unbestreitbar (und das große Verdienst des dialektischen Materialisten DIETZGEN besteht darin, daß er dies betont). Die Grenzen der absoluten Notwendigkeit und absoluten Wahrhaftigkeit dieser relativen Gegenüberstellung sind eben jene Grenzen, die die Richtung der erkenntnistheoretischen Forschung bestimmen. Außerhalb dieser Grenzen mit der Gegensätzlichkeit von Materie und Geist, von Physischem und Psychischem als einer absoluten Gegensätzlichkeit zu operieren, wäre ein gewaltiger Fehler.“ (**95**, S. 235 f.)

Wenn SCHRAMM hervorhebt, „daß die Materie zu Unrecht mit dem Makel der Geistlosigkeit behaftet wurde“ (**146**, S. 14), so vertritt er zunächst das richtige Anliegen, der Materie eine Eigenschaft zuzuerkennen, die ihr von den Idealisten aberkannt worden ist. Das Postulat der Einheit von Materie und Geist (das, wie wir sahen, auch von TEILHARD DE CHARDIN vertreten wurde) bricht mit der traditionellen Trennung von Leib und Seele. Die Konfusion beginnt jedoch dort, wo er, ohne die Begriffe genauer zu definieren, genetische Information mit Idee identifiziert und schreibt: „Ein reiner Materialismus, der einen lebenden Organismus nur als geistlose Maschine gelten läßt, wird der Wirklichkeit nicht gerecht. Auf der anderen Seite führt eine nur idealistische Naturauffassung, die die naturwissenschaftlichen Erfahrungstatsachen vernachlässigt, ohne Zweifel ebenfalls in die Irre. Erstrebenswert wäre ein Zusammenwirken dieser verschiedenen Betrachtungsweisen, wissenschaftlich gesehen also eine enge Zusammenfassung der Naturwissenschaft und der Geisteswissenschaft in der Philosophie.“ (**146**, S. 3.) Hier wird der Versuch gemacht, Materialismus und Idealismus zu versöhnen, indem Geistiges bzw. Ideelles schon auf niedrigster Stufe der Materie vorausgesetzt wird bzw. die Begriffe Information und Idee identifiziert werden.

Aus der langen intensiven Diskussion unter marxistischen Philosophen um den Materiebegriff hat sich m. E. die Auffassung als richtig erwiesen, die davon ausgeht, daß wir verschiedene Fragestellungen zu unterscheiden haben:

Einmal die Frage, was ist Materie? Mit der Antwort: Materie ist eine Kategorie zur Bezeichnung der objektiven Realität, die außerhalb und unabhängig von jeglichem Bewußtsein existiert und von diesem widergespiegelt werden kann.

Zum anderen die Frage nach der Daseins- bzw. Existenzweise der Materie. Mit der Antwort, daß sie in ständiger Bewegung, strukturiert und in Raum-Zeit als einer einheitlichen Existenzform der Materie existiert.

Bei diesen Fragestellungen bewegen wir uns im Bereich des philosophischen Gedankens. Fragen wir dann aber, wie ist die Materie strukturiert, so betreten wir den Bereich der Einzelwissenschaften oder einer philosophischen Strukturtheorie, als Verallgemeinerung einzelwissenschaftlicher Erkenntnisse. Die Auffassung von der Struktur der Materie und ihrer jeweils konkreten Bewegung, wie sie von dieser oder jener Einzelwissenschaft erforscht wird, unterliegt einer ständigen Entwicklung und Veränderung.

Aus den vorangegangenen Überlegungen wird nun deutlich, daß die Unterscheidung verschiedener Fragestellungen (einmal innerhalb der Grundfrage der Philosophie, zum anderen hinsichtlich der Gebundenheit an die Materie sowie der Entwicklung einer solchen Eigenschaft auf verschiedenen Strukturniveaus) auch in bezug auf die Kategorie Bewußtsein angebracht erscheint. Es wurde deutlich, daß die Gegenüberstellung von Materie [428] und Bewußtsein (wie dies hei der Materiedefinition erfolgt) nur im Zusammenhang mit der erkenntnistheoretischen Grundfrage absolut ist, denn Bewußtsein ist genetisch und strukturell nicht zu trennen von der Materie.

Auf der molekularen Ebene haben wir es noch nicht mit geistigen Prozessen zu tun und noch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

weniger mit Ideen im Sinne PLATONs. In Wirklichkeit geht es SCHRAMM auch gar nicht um eine nachträgliche naturwissenschaftliche Rechtfertigung der Ideenlehre. Seine ganzen Arbeiten sind ja letztlich darauf gerichtet, den Platonismus zu überwinden. Er schreibt selbst: „Für PLATON sind die Ideen etwas Seiendes und damit Unwandelbares. Der für die Biologie entscheidende Begriff der Entwicklung war ihm fremd. Um das Leben in der heutigen Form verstehen zu können, muß man aber annehmen, daß die Baupläne sich im Laufe der Erdgeschichte allmählich entwickelt haben. Hierin unterscheiden sich also die genetischen Informationen von dem ursprünglichen Platonischen Konzept der Idee.“ (**146**, S. 11.)

SCHRAMM faßt die Baupläne nicht als ewige Schöpfungen auf, wie z. B. noch von UEXKÜLL, der (vgl. ERICH VON HOLST, **56**, S. 31) der Meinung war, daß kein darwinistisches Prinzip von Mutationszufall und Auslese sie je hätte erschaffen können. Nachzuweisen, daß letzteres doch möglich ist, ist ja gerade das Grundanliegen der hier hervorgehobenen Arbeiten von SCHRAMM. Er steht also voll auf Seite der Darwinisten. Der Darwinismus gehört zu den entscheidenden naturwissenschaftlichen Quellen des dialektischen Materialismus. DARWINs Gesetz der natürlichen Auslese deckte die objektive Zufälligkeit in der lebenden Natur auf. MARX und ENGELS erkannten die große naturwissenschaftliche und weltanschauliche Bedeutung. Wie gesagt, hob MARX hervor, daß damit „der ‚Teleologie‘ in der Naturwissenschaft nicht nur der Todesstoß gegeben, sondern der rationelle Sinn derselben empirisch auseinandergelegt“ wird (**103a**).
In Abwandlung können wir auch sagen, daß mit dieser Forschungsrichtung der Gedanke an eine ewige, unzerstörbare Form oder Idee, die nach PLATON als das wahrhaft Seiende aufzufassen ist und an der die realen Dinge nur teilhaben, ein schwacher Abglanz, vorübergehende Träger von ihr sind, grundsätzlich überwunden und sein rationeller Sinn empirisch auseinandergelegt wird.
Ein sich in der Entwicklung gebildetes materiell Allgemeines wird zu einer wirkenden Kraft. Damit ist allerdings PLATON, insbesondere aber der entscheidende Gedanke von HEGEL über die Bedeutung des Allgemeinen, „vom Kopf auf die Füße“ gestellt.

Die Widerspiegelungsformen in ihrer aufsteigenden Folge sind genetisch miteinander verbunden. Jede Widerspiegelungsform ist wie das Bewußtsein eine Widerspiegelung objektiv realer Dinge und Erscheinungen.

Im Prozeß der biologischen Evolution vollzieht sich mit der Differenzierung von Struktur und Verhaltensweise auch eine Entwicklung der für die lebende Materie spezifischen Widerspiegelungsformen. Das Widerspiegelungsvermögen selbst wird zum Evolutionsfaktor. Aus dieser Vorstellung von einer Evolution der Widerspiegelung leitet sich der für die heutige und künftige Forschung entscheidende Gedanke ab, daß die spezifisch menschliche Widerspiegelung der objektiven Realität Vorstufen und Elemente schon auf dem Niveau einfacherer Systeme gehabt haben muß.

[429] Unter allen Widerspiegelungsprozessen weist die psychische Widerspiegelung des Menschen den höchsten Grad an Komplexität auf, aber Elemente dieser Widerspiegelung haben schon vor dem Auftreten des Menschen existiert. Da heute die biophysikalische, biochemische und molekularbiologische Analyse der Gehirntätigkeit international auf dem Forschungsprogramm steht, ist es besonders wichtig zu betonen, daß auch einfache biologische Systeme und auch präbiotische Systeme zur Widerspiegelung der objektiven Realität und im komplexen Zusammenhang zur Informationsverarbeitung befähigt sind. Widerspiegelung ist also nicht plötzlich, nicht absolut zufällig, nicht einmal und nur einmal, entstanden – ebensowenig wie das Leben plötzlich entstanden ist. Wie sehr wir auch menschliche Denk- und Erkenntnisfähigkeit als höchste Form der psychischen Widerspiegelung bewundern mögen, sie ist in allen Teilen materiellen Ursprungs und von der Entwicklung makromolekularer, biologischer und insbesondere sozialer Strukturen abhängig. Die Determination des Bewußtseins durch soziale Strukturen ist besonders hervorzuheben, das darf aber nicht dazu führen, der Erforschung der biologischen Grundlagen, d. h. der natürlichen Voraussetzungen, weniger Beachtung zu schenken. Denn, wenn das Bewußtsein auf Grund seiner sozialen Natur als ein Phänomen angesehen wird, das über den neurobiologischen Prozessen steht, so wird trotz verbalem Materialismus die Idee der Loslösung der psychischen Funktion von ihrer materiellen Grundlage vertreten. Dies muß sich letztlich gegen die biologische Erforschung der materiellen Grundlagen des Bewußtseins und gegen die Erklärung seiner natürlichen Entstehung richten.

Es gilt solche philosophisch und naturwissenschaftlich äußerst wichtigen Fragen zu klären, wie: (1) wann geht die einfache Wechselwirkung (*Aktion-Reaktion*) *in Widerspiegelung* über und (2) wann *Widerspiegelung in Information*.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wir stimmen mit einer ganzen Reihe anderer Autoren darin überein, daß Widerspiegelung als allgemeine Eigenschaft der Materie nicht heißt, daß Widerspiegelung ohne weiteres zu den Daseins- oder Existenzformen der Materie gerechnet werden kann.[1,2] Wir gehen davon aus, daß nicht jeder *Wechselwirkung* die Eigenschaft der Widerspiegelung zukommt, sondern nur einer bestimmten Klasse. Wir folgen der Vermutung LENINs, daß eine Fähigkeit der Materie existiert, die der Empfindung ähnlich ist. Es geht also um die Aufdeckung der Entwicklungsbeziehungen einer Eigenschaft der Materie, die aus bestimmten Formen der Wechselwirkung zum Erscheinen der Reizbarkeit, der Empfindsamkeit bis zu den höchsten Formen der begrifflichen Widerspiegelung geführt hat. Weiterhin ist deutlich zu machen, daß entgegen einer in unserer philosophischen Literatur weit verbreiteten Auffassung auch Widerspiegelung und Information nicht miteinander zu identifizieren sind.

Die Widerspiegelungstheorie ist der Kern der marxistisch-leninistischen Erkenntnistheorie. Die Hypothese von der Widerspiegelung als Eigenschaft, die möglicherweise der gesamten Materie zukommt, erweitert den Problemkreis zur Theorie über die Wider-[430]spiegelung. Die Kategorie der Widerspiegelung bildet dann auch den Rahmen, in dem das Problem der Information vom Standpunkt der materialistischen Beantwortung der Grundfrage der Philosophie sinnvoll diskutiert werden kann, ohne daß beides miteinander zu identifizieren ist. Wichtig ist also festzuhalten, daß der philosophische Begriff der Widerspiegelung weiter ist als der Begriff der Information. Dies wird deutlich bei den spezifisch menschlichen Formen der Widerspiegelung sowie bei der hier betrachteten Entwicklung.

Durch die von LENIN entwickelte Widerspiegelungstheorie wurde die Erkenntnistheorie auf eine feste materialistische Grundlage gestellt und insbesondere der dialektische Charakter der Erkenntnis herausgearbeitet. Damit präzisierte er den Gedanken von der Erkenntnis als Prozeß vom Wesen der Erkenntnis als adäquate Widerspiegelung der objektiven Realität in der aktiven, verändernden Tätigkeit des Menschen.

Die erkenntnistheoretischen Überlegungen LENINs sind gerade in Anbetracht der Angriffe MONODs, der über einen „erkenntnistheoretischen Zusammenbruch des dialektischen Materialismus“ (**106a**, S. 51) spricht, besonders aktuell. Ohne die weiterführenden Gedanken LENINs zur Kenntnis zu nehmen, schreibt MONOD mit dem Hinweis auf die Tatsache der Informationsverarbeitung im Gehirn: „Unhaltbarer als je erscheint uns heute also die These von dem bloßen Reflex, von dem vollkommenen Spiegelbild, das nicht einmal seitenverkehrt ist.“ (**106a**, S. 51.)

Wie bereits im Abschnitt über die Tätigkeit als integrierendem Bestandteil des Erkenntnisprozesses deutlich gemacht wurde (speziell auf S. 127), ist die aktive Rolle des Subjekts im Erkenntnisprozeß schon von MARX im erstem Satz der ersten Feuerbach-These betont worden, und von LENIN wurde der Gedanke hervorgehoben, daß das Bewußtsein die objektive Realität nicht nur widerspiegelt, sondern auch schafft. (**94**, S. 134.)

Es sei hier auch noch auf folgende Ausführungen LENINs verwiesen: „Die Erkenntnis ist die ewige, unendliche Annäherung des Denkens an das Objekt. Die Widerspiegelung der Natur im menschlichen Denken ist nicht ‚tot‘, nicht ‚abstrakt‘, nicht ohne Bewegung, nicht ohne Widersprüche, sondern im ewigen Prozeß der Bewegung, der Entstehung und Aufhebung von Widersprüchen aufzufassen.“ (**94**, S. 115.)

Man darf in der Tat Widerspiegelung nicht als einfache Kopie der existierenden Gegenstände und Prozesse außerhalb der aktiven, praktischen Tätigkeit des Subjekts betrachten. Andererseits aber kann der Widerspiegelungsinhalt nur Werkzeug zur Umgestaltung sein, wenn er *annähernd* adäquate Widerspiegelung der objektiven Realität ist.

Es ist also davon auszugehen, daß die *Widerspiegelung sich aus spezifischen Formen der Wechselwirkung entwickelt hat*, d. h. nicht jede elementare Wechselwirkung, enthält den Aspekt der Widerspiegelung. *Sprechen wir von Widerspiegelung, so wird damit die Fähigkeit von Systemen charakterisiert, äußere Einwirkungen durch innere Strukturveränderungen zu „reproduzieren“ und auf sie entsprechend den inneren Systembedingungen spezifisch zu reagieren*.

Betrachtet man Widerspiegelungsprozesse in einem komplexen biologischen System, so wird man kaum Widerspiegelung ohne Information finden. Diese Identität erklärt sich aus der Entwicklung biologischer Systeme: sie haben sich im Verlauf der Evolution in Richtung der Ausbildung von Informationsprozessen optimiert.

---

[1] POLIKAROW, A.: Ist Widerspiegelung eine allgemeine Eigenschaft der Materie? In: Naturwissenschaft und Philosophie. Berlin 1960.

[2] KANNEGIESSER, K., und R. ROCHHAUSEN: Widerspiegelung und Erkenntnis. DZfPh, Heft 4, 1972.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wann nun geht Widerspiegelung in Information über? Dies erfolgt wahrscheinlich, wenn ein Signal in einem Empfänger einem mehrstufigen Verarbeitungsprozeß unterworfen wird. Ein Signal wird also durch eine höhere [431] Qualität des Struktur-Funktionsverhaltens des Empfängers zur Information; der Empfänger wird in die Lage versetzt, das Signal zu nutzen. Das Signal – die Information – wird umgesetzt in eine teleonomische Verhaltensweise des Empfängersystems.

Der Begriff der Information wird somit bedeutsam im Zusammenhang mit einem operationellen System. Erst auf der Ebene lebender Systeme werden Steuerungsprozesse realisiert und damit Resultate von Widerspiegelungsprozessen verarbeitet, d. h. Signale aus der Umwelt im Sinne einer Widerspiegelung der objektiven Realität können für die Selbstbewegung und die Selbstorganisation des Systems genutzt werden. Der Begriff der Information hebt also eine bestimmte Seite einer bestimmten Klasse von Widerspiegelungsprozessen hervor[1] und ist in der Tat nicht mit diesen zu identifizieren. *Widerspiegelung geht in Information über, wenn der Strukturveränderung eine Bedeutung zugeordnet werden kann, so daß ein teleonomisches Verhalten des Systems realisiert wird.*

Information besteht also schon im rein physikalischen Bereich als Potenz, jedoch gibt es hier noch keine Systeme, die die Strukturveränderungen in Lenkung, in teleonomische Verhaltensweisen, umsetzen. Letzteres setzt eine relativ hohe Differenziertheit des Systems voraus; es müssen wenigstens mehrere Reaktionsmöglichkeiten (Freiheitsgrade) für das System gegeben sein, unter denen eine Entscheidung getroffen wird.

Trotz aller Erfolge der klassischen Informationstheorie sind ihrer Anwendung (wie der technisch-mathematischen Kybernetik überhaupt) in der Biologie, wie auch in der Gesellschaft, Grenzen gesetzt. Die Informationstheorie bezieht sich nur auf Informationsquellen und Informationskanäle; schon technisch-logische Netzwerke können kaum mit dem Informationsmaß betrachtet werden, noch weniger Neuronennetze. Information kann und muß auch qualitativ betrachtet werden[2], so ist u. E. für die Informatik der Gesichtspunkt Systemadäquatheit von besonderer Bedeutung. Information muß dem System, in dem und für das sie verarbeitet wird, adäquat sein.

Zum Verständnis der Informationsprozesse sind die Struktur des Senders und des Empfängers sowie insbesondere auch die Signalstruktur zu berücksichtigen. Gerade auf der molekularen Ebene wird man auch nicht vollständig von der stofflichen Natur der Träger und des realisierten Kommunikationssystems abstrahieren können. Information ist von vornherein als ein Verhältnis zwischen Sender und Empfänger zu verstehen. Insbesondere gilt es, den funktionellen Aspekt – die strukturabhängige Funktion des Systems – im Zusammenhang mit der Bewertung der vom Empfänger [432] akzeptierten und verarbeiteten Information zu berücksichtigen.[*,3,4,5,6] Darin äußert sich eine spezifische Dialektik von Struktur und Funktion (vgl. GROSS, **3**).

Information ist zu verstehen als ein objektiv-realer Zusammenhang zwischen Sender und Empfänger, als eine objektiv reale Relation sowohl für materielle als auch für ideelle Gege-

[1] KANNEGIESSER, K., und R. ROCHHAUSEN: Widerspiegelung und Erkenntnis, DZfPh Heft 4, 1972.
[2] VÖLZ, H.: Quantität und Qualität der Information. In: IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen Problemen der Molekularbiologie – Information und Widerspiegelung. Erscheint 1976.
[*] Vgl. Vorträge und Diskussion von BELLMANN, FRANZ, GROSS, TEMBROCK u. a. auf dem IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie – Information und Widerspiegelung.
[3] BELLMANN: Anwendung eines allgemeinen Informationskonzepts auf molekulargenetische Informationsprozesse.
[4] FRANZ, P.: Entwicklung, Widerspiegelung und Information.
[5] GROSS, B.: Diskussionsbemerkungen.
[6] TEMBROCK, G.: Optimierungsstrategien des Informationswechsels in der Stammesgeschichte der Organismen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

benheiten, eine Form der Vermittlung von Strukturen zwischen verschiedenen Objekten (vgl. METZLER (**105d**).

Soll nun aber die zu idealistischen Konsequenzen führende Identifizierung z. B. genetischer Information mit dem Ideellen (wie es durch einen zu stark vereinheitlichenden Gebrauch des Begriffes der Information suggeriert werden mag) überwunden werden, gilt es nicht nur, das Gemeinsame dieser Prozesse, sondern gerade auch die Unterschiede herauszuarbeiten. Aus der These, daß sich die Fähigkeit der Widerspiegelung über qualitative Sprünge zu immer höheren Formen entwickelt hat, folgt, daß es verschiedene Qualitätsstufen der Widerspiegelung, verschiedene Typen von Informationsrelationen genauer zu unterscheiden gilt.

Schon im Zusammenhang mit den Problemen der Informationsspeicherung im Gehirn (S. 301 ff.) wurde deutlich, daß eine weitere Differenzierung der Information erforderlich ist, daß verschiedene Informationsrelationen und Arten der Information zu unterscheiden sind. Die Differenzierung der Information scheint ein fruchtbarer und weiterführender Ansatz; denn offensichtlich kommt man im Verständnis der konkreten Informationsprozesse des lebenden Organismus nur weiter, wenn man ihre Spezifik auf den verschiedenen Ebenen der Organisation lebender Systeme berücksichtigt.[1]

Wenn es nur eine Form der Sender-Empfänger-Beziehung gäbe und nur eine einzige Art der Information (wie dies in der kybernetischen Literatur oftmals unterstellt und im Kanalmodell, Abb. 7, S. 141, dargestellt wird), würde sich diese Relation auf die gezielte Abgabe einer Information durch den Sender und eine entsprechende Aufnahme durch den Empfänger reduzieren. Ein gemeinsames Grundalphabet sowie die Codierungs- und Decodierungsprozesse bei der Übertragung der Information werden als gegeben [433] unterstellt und sind somit nach dieser Auffassung für das Verständnis der Informationsrelationen zwischen Sender und Empfänger als unwesentlich anzusehen. Man geht davon aus, daß sich die verschiedenen Kommunikationsbeziehungen (zwischen Mensch und Mensch, Mensch und Maschine, Meßgerät und Maschine, Speicher und Speicher) unter einem einheitlichen Gesichtspunkt, eben aus der Sicht des Kanalmodells, verstehen lassen. Es zeigt sich aber, daß wir nicht ein so undifferenziertes Verständnis der Information der Sender-Empfänger-Beziehung zugrunde legen dürfen, daß insbesondere die Spezifik der Kommunikation der Menschen, der Tiere, der Maschinen, der Mensch-Maschine-Kommunikation zu berücksichtigen ist. Es gibt einen deutlichen Unterschied zwischen einem *Sender* (*a*), der zur Bildung semantischer Informationen befähigt ist (d. h., der mit Begriffen bzw. Bedeutungsstrukturen operiert), einem *Sender* (*b*), der lediglich entsprechend den für ihn auftretenden Situationen über ein begrenztes Potential zur Bildung syntaktischer Informationen verfügt und einem *Sender* (*c*), der reine, ungerichtete Signale abgibt. Die gleichen Möglichkeiten stehen dem Empfänger bei der Decodierung der eintreffenden Signale zur Verfügung. Daraus lassen sich für technische und lebende Systeme unterschiedliche Qualitätsstufen der Informationsbeziehungen ableiten (vgl. **41f**, S. 43 f.).

*Charakteristisch für biologische Systeme ist die Erkennung reiner ungerichteter Signale, Interpretation syntaktischer Informationen, sowie bei höheren Tieren auch die Fähigkeit zur Deutung semantischer Informationen. Die vom Menschen bisher geschaffenen künstlichen Systeme sind dagegen nur zur Aufnahme syntaktischer Informationen befähigt, führen eine reine Strukturverarbeitung durch. Sie verfügen über keinen Stoffwechsel mit der Umwelt, nicht über die Fähigkeit zur Aufnahme und Erkennung ungerichteter Signale und besitzen damit auch nicht die Fähigkeit zur wirklichen Selbstorganisation. Bewußtsein als höchste Form der psychischen*

[1] FUCHS-KITTOWSKI, K., und B. WENZLAFF: Zur Differenzierung der Information auf verschiedenen Ebenen der Organisation lebender Systeme. In: IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie – Information und Widerspiegelung. Erscheint 1976.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

*Widerspiegelung der objektiven Realität hat sich mit dem Menschen entwickelt, damit bildete sich aus Vorstufen die Fähigkeit zur semantischen Informationsverarbeitung heraus.*

Für biologische Systeme und darauf aufbauend für den gesellschaftlichen Menschen lassen sich also zumindest folgende Entwicklungsstufen der Wechselwirkung (Qualitätsstufen der Sender-Empfänger-Beziehungen) bzw. Grundklassen der Widerspiegelung unterscheiden:

*A* Beginnend mit der Wechselwirkung ohne Elemente der Widerspiegelung

– die reine Wechselwirkung, als allgemeine Grundlage und Grenzfall der Widerspiegelung,
– die Wechselwirkung mit physikalisch-chemischer Verwandlung der Partner, als molekulare Grundlage der Widerspiegelung (vgl. ROSENTHAL u. a.[1]).

[434] Als entscheidende Qualitätsstufen der Widerspiegelung (bzw. Sender-Empfänger-Verhältnisse) sind darauf aufbauend zu unterscheiden:

*B* Die Aufnahme und Verarbeitung von Signalen und syntaktischen Informationen sowie die Deutung semantischer Informationen durch Empfänger, die nur zu syntaktischer Informationsverarbeitung befähigt sind:

– die Erkennung, als Aufnahme und Verarbeitung reiner (ungerichteter) Signale (in der Wechselbeziehung Umwelt – Makromolekül bis Organismus),
– die *Interpretation*, als Aufnahme und Verarbeitung syntaktischer Informationen (in der Wechselbeziehung Umwelt – Makromolekül bis Organismus; und im technischen Automaten),
– die *Deutung*, als Aufnahme semantischer Informationen, die syntaktische Informationsverarbeitungsprozesse auslösen und dirigieren (in der Wechselbeziehung höherdifferenzierter tierischer Organismen mit dem Menschen).

*C* Die Aufnahme und Verarbeitung von Signalen sowie syntaktischen und semantischen Informationen durch Empfänger, die zur semantischen Informationsverarbeitung, dem Operieren mit Bedeutungsstrukturen bzw. Begriffen, d. h. zur semantischen Informationsverarbeitung, befähigt sind:

– die *Erkenntnis* (physikalische), als Aufnahme und Verarbeitung reiner (ungerichteter) Signale in der Wechselbeziehung Natur und Mensch,
– das *Verstehen*, als Aufnahme und Verarbeitung syntaktischer Informationen in der Maschine-Mensch-Beziehung,
– das *Verständnis*, als schöpferische und einfühlende Aufnahme und Verarbeitung semantischer Informationen in den zwischenmenschlichen Kommunikationsbeziehungen.[2]

Schon in den einfachsten Lebewesen finden wir die genannten Wechselwirkungen und Widerspiegelungen zumindest bis zur Erkennung und Interpretation. Entsprechend den Vorstellungen des dialektischen Materialismus ist jede niedere Bewegungsform der Materie durch die höhere dialektisch negiert. So ist auch anzunehmen, daß in jeder höheren Widerspiegelung der Materie die niedere dialektisch enthalten ist. Demgemäß müßte die Beschreibung syntaktischer Informationsverarbeitung mit Hilfe der Informationstheorie bzw. nachrichtentechnischer Modelle als Bestandteil der Beschreibung der höheren Form der Widerspiegelung zu erwarten sein. Jedoch zeigte unsere Diskussion, daß keine schematische Übertragung und Reduktion möglich ist.

[1] ROSENTHAL, S., K. FUCHS-KITTOWSKI, H. A. ROSENTHAL und S. M. RAPOPORT: IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie – Information und Widerspiegelung. Erscheint 1976.
[2] FUCHS-KITTOWSKI, K., und B. WENZLAFF: Differenzierung der Information auf verschiedenen Ebenen der Organisation lebender Systeme. In: IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie – Information und Widerspiegelung. Erscheint 1976.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

[435] Die unterschiedenen Stufen sollen hier nur kurz charakterisiert werden. Schon in der nicht-lebenden Natur unterliegt jeder Körper im Prozeß der *Wechselwirkung* unterschiedlichen Einflüssen. Die Dinge und Erscheinungen gehen von einem Zustand in einen anderen über und verändern ihre Struktur. Soweit diese Veränderungen nur auf äußeren Einwirkungen beruhen, haben wir es mit einfachen unmittelbaren Antwortreaktionen zu tun, mit reiner Wechselwirkung.

Bei einer bestimmten Klasse von Prozessen biologischer Systeme ist außer einer solchen Antwortreaktion als weitere Komponente die Widerspiegelung zu berücksichtigen. Das zweite Objekt erfährt durch die Umwelteinwirkung eine Strukturveränderung von relativer Dauer, die Merkmale des einwirkenden Objekts enthält. Die durch die Zustände der Wirkungsstruktur erzeugten Signale repräsentieren die Bedeutung dieser physikalischen Struktur. Die Wirkung besteht dann in einer Zustandsveränderung durch äußere Einwirkungen und in einer strukturellen Veränderung, die auch noch nach Abklingen der äußeren Wirkung bestehen bleiben kann, so daß bei wiederholter Wechselwirkung eine veränderte Reaktion eintritt, die in die Richtung einer verbesserten Anpassung führen kann. Damit erweist sich Widerspiegelung als eine entscheidende Grundlage der Höherentwicklung.

Wo haben wir die Keime dieser Fähigkeit zur Widerspiegelung zu suchen? Die *Wechselwirkungen mit Verwandlung der Partner* bilden, wie S. ROSENTHAL[1] herausgearbeitet hat, die molekulare Grundlage der Widerspiegelungsprozesse. Als elementare Grundlage der Widerspiegelungsfähigkeit lebender Systeme besitzen die Eiweiße zentrale Bedeutung. Die biologischen Makromoleküle sind dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vielzahl von Strukturen bilden, die sich aus dem geringen Energieniveau der Bindungen (Wechselwirkungen) der biologischen Makromoleküle mit nieder- und hochmolekularen Verbindungen ergeben.

Die Ergebnisse der Biochemie gestatten die Aussage, daß die Widerspiegelung der biologischen Materie an die universelle Fähigkeit der Eiweiße geknüpft ist, spezifische Typen von Wechselwirkungen mit nieder- und hochmolekularen Verbindungen einzugehen. Dabei werden besondere Raummuster nichtkovalenter Bindungen hoher Spezifität und z. T. ausgeprägter Festigkeit gebildet. Diese spezifischen Typen von Wechselwirkungen führen zu Stoffwandlungen, Strukturbildung und in letzter Konsequenz zur Reproduktion der lebenden Materie und sind damit Faktor und Gegenstand der Evolution. Diese Wechselwirkungen sind die Grundlage aller biologischen Funktionen lebender Systeme und damit auch der Informationsverarbeitung einschließlich solcher komplexen Funktionen wie Denken, Gedächtnis, Lernen usw.

[436] Die Wechselwirkungen von Eiweißen mit Eiweißen, Nukleinsäuren, Lipidstoffen und Kohlenhydraten sind die Grundlage zur Ausbildung von Strukturen, durch die komplexe zelluläre Kompartmentierungs- und Reaktionssysteme mit spezifischen Leistungen entstehen.

Makromoleküle sind imstande, auf Signale in Abhängigkeit von ihrer eigenen Geschichte (Historizität) zu reagieren. Makromoleküle können demnach mehr als nur wechselwirken, sie können auf einer Grundlage komplementärer Wechselwirkungen erkennen und selektionieren.

Über die *Fähigkeit* der Makromoleküle *zur Erkennung* wurde schon gesprochen (vgl. S. 290 ff.). Die Reaktion auf eine Umwelteinwirkung erfolgt durch eine von Signalen gesteuerte Verkettung von Wirkungen. Durch die Erkennung, Aufnahme und Verwertung von Umweltzuständen als Signale sind es nicht mehr die physikalischen Strukturen selbst, die direkt und unmittelbar die Reaktionen hervorrufen, sondern ihre Bedeutungen, die unmittelbar wirksam werden.

[1] ROSENTHAL, S., K. FUCHS-KITTOWSKI, H. A. ROSENTHAL und S. M. RAPOPORT: Widerspiegelung und Information. In: IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie. Erscheint 1976.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

*Interpretation* als Aufnahme und Verarbeitung von Zeichen bzw. syntaktischen Informationen ist charakteristisch für ein System, das in der Lage ist, die Bedeutungen von Signalen und Signalstrukturen wiederum auf einer neuen Struktur abzubilden und die Strukturveränderungen zu steuern, wie dies im Zusammenhang mit der Regulation genetischer Potenzen durch Induktion und Repression deutlich gemacht werden konnte.

*Deutungen* semantischer Informationen vermögen höherorganisierte Tiere (im Unterschied zu technischen Automaten) durch zahlreiche Analogien (die auch im *Ton* der Sprache sowie der sie begleitenden Geste gegeben sind), vorzunehmen und damit syntaktische Informationsverarbeitungsprozesse auszulösen und zu lenken. Sie können jedoch noch keine semantische Informationsverarbeitung durchführen.

Die Natur sendet dem erkennenden Menschen keine Signale mit einer bestimmten Absicht. Bei der *physikalischen Naturerkenntnis* geht es um die Aufnahme eines gerichteten Signals als Information über das entsprechende Untersuchungsobjekt durch den Menschen, einem zur semantischen Informationsverarbeitung befähigten Empfänger. Wir können davon ausgehen, daß auf der Grundlade der Aktivität des menschlichen Gehirns, die aus der Umwelt eintreffenden Signale Informationen über die Objekte erzeugen, von denen sie ausgehen. Die Struktur des Signals ermöglicht Rückschlüsse auf das Objekt. Dies hängt aber von der Fähigkeit des Empfängers ab, insbesondere von seiner Fähigkeit zur begrifflichen Erkenntnis.

Von *Verstehen* sprechen wir, wenn durch einen Empfänger bei der Aufnahme syntaktischer Informationen systemintern semantische Informationen erzeugt werden z. B. in der Tier-Mensch- oder Maschine-Mensch-Beziehung.

Das *Verständnis* von Situationen und Sachzusammenhängen hat die komplexen Bedeutungsstrukturen semantischer Informationen zum Gegenstand, es geht hier um die Verknüpfung von Bedeutungen zu neuen Bedeutungen. Der Austausch von semantischen Informationen und deren Ver-[437]arbeitung ist nur zwischen Menschen möglich, da dies einen Empfänger voraussetzt, der die Fähigkeit des einfühlenden, schöpferischen Verständnisses besitzt. (Für die weitere Charakterisierung dieser Qualitätsstufen der Widerspiegelung vgl. Fußnote[1] und **41f**, S. 53 ff.)

Die dargestellte Unterscheidung verschiedener Qualitätsstufen der Widerspiegelung ist sicher noch unter verschiedenen Gesichtspunkten zu präzisieren. Hier sollte nur darauf hingewiesen werden, daß m. E. die Differenzierung der Informationsrelationen und auch die Unterscheidung verschiedener Arten der Information ein fruchtbarer Ansatz für weitere einzelwissenschaftliche Überlegungen sein kann. An anderer Stelle konnte gezeigt werden, daß eine solche Differenzierung auch für die Theorie und Praxis der Gestaltung automatisierter Informationsverarbeitungssysteme sinnvoll genutzt werden kann.[2]

Aus philosophischer Sicht ist durch die vorgenommene Differenzierung m. E. eine Position gewonnen, die es gestattet, Gemeinsamkeit und Unterschied der informationellen Prozesse auf den verschiedenen Organisationsstufen der Materie deutlich zu machen, so daß eine mechanistische Reduktion bzw. Identifizierung (die, wie wir sahen, einer Verwischung der Grundfrage der Philosophie Vorschub leistet), vermieden werden kann. Es ist dann möglich, auch im molekularen Bereich von Information zu sprechen, ohne, wie SCHRAMM, das Vorhandensein geistiger Prozesse auf dieser Ebene annehmen zu müssen.

---

[1] FUCHS-KITTOWSKI, K., und B. WENZLAFF: Differenzierung der Information auf verschiedenen Ebenen der Organisation lebender Systeme. In: IV. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie – Information und Widerspiegelung. Erscheint 1976.

[2] FUCHS-KITTOWSKI, K., und E. MÜHLENBERG: Die Unterscheidung von semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitung als Grundlage für die Gestaltung von EDV-Anwendungssystemen. In: II. wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung – Tagungsmaterial. Berlin 1975.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Andererseits wird damit auch die Relativität der Gegenüberstellung von Geist und Materie außerhalb der Grundfrage deutlich. Die zum Ausgangspunkt der Differenzierung genommene Unterscheidung von drei Grundklassen des Sender-Empfänger-Verhältnisses, a) semantische Informationsverarbeitung, b) syntaktische Informationsverarbeitung und c) physikalische Wirkung als ungerichtetes Signal, entspricht weitgehend der Differenzierung der objektiven Realität in gesellschaftlich lebende und in nicht-lebende Bewegungsform der Materie. So wie die gesellschaftliche Entwicklung nicht auf biologische Entwicklungsgesetze reduzierbar ist, so läßt sich, wie B. WENZLAFF herausgearbeitet hat[1], die semantische Informationsverarbeitung nicht auf die Verarbeitungsprinzipien für syntaktische Informationen reduzieren. Es muß vielmehr sorgfältig untersucht werden, unter welchen Bedingungen [438] und in welchen Grenzen semantische Informationsverarbeitungsprozesse auf syntaktische abbildbar sind. Das ist speziell eine Aufgabe der modernen Sprachtheorie und spezieller Disziplinen der modernen Psychologie.

Es ist offensichtlich, daß in der Evolution mit der Funktionsweise des menschlichen Zentralnervensystems besonders wirkungsvolle Strukturen und Strategien der komplexen Informationsverarbeitung herausgebildet wurden. Es gilt heute im Detail zu untersuchen, welche Methoden der Informationsverarbeitung z. B. der Begriffsbildung wie auch der Problembearbeitung und -lösung zugrunde liegen. Dazu muß die Strukturanalyse der Denkprozesse so weit getrieben werden, daß die elementaren, sie konstituierenden Prozesse aufgedeckt werden. Der Mensch hat gegenüber den einfachen Zuordnungsleistungen bei vorgegebenem Reizangebot, wie sie der Identifizierung einfacher Zustände zugrunde liegen, noch sehr viel kompliziertere Methoden der Informationsverarbeitung ausgebildet – eben die Bildung und Verarbeitung semantischer Informationen. Eine sehr viel schwierigere Situation liegt schon dann vor, wenn die Klassen, in die klassifiziert werden soll, erst gebildet werden müssen. In diesem Fall muß das System also erst nach den Gemeinsamkeiten suchen, nach denen bestimmte Objekte und Prozesse in eine Klasse eingeordnet werden können. Das Erkennen des Menschen ist eben nicht allein auf das Einordnen in vorgegebene Klassen beschränkt, sondern umfaßt auch das Finden der geeigneten Klassifikation – die Begriffsbildung.

Begriffliche Klassenbildung sind als Resultat bzw. Endzustand einer komplexen, im vorwiegenden semantischen Informationsverarbeitung zu verstehen.

Die Psychologie untersucht heute erfolgreich die Komponenten bzw. elementaren Prozesse derjenigen psychologischen Vorgänge, die diese komplexe Form der Informationsverarbeitung ermöglichen und welche Methoden der Informationsverarbeitung der Bearbeitung und Lösung von Problemen im einzelnen zugrunde liegen (vgl. F. KLIX, **49a**).

Es ist also heute deutlich, daß auch die hochorganisierten Erkenntnisprozesse analysiert werden können, daß man sie modellieren bzw. simulieren und dann auch in der Praxis als technologisches Verfahren einsetzen kann.

Das philosophisch Entscheidende an diesen Arbeiten ist, daß es dem Menschen auf einer bestimmten Stufe der Entwicklung, seiner wissenschaftlichen Erkenntnis, möglich wird, die Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Erkenntnisfähigkeit, ihrer Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit aufzudecken.

KLIX schreibt: „Die Erkenntnistätigkeit des Menschen erreicht ein Stadium, in dem sie mit sich selbst experimentieren und sie dabei begreifen kann. Das muß zu einer fortgesetzten Erweiterung unserer Erkenntnisfähigkeit führen. So wie das Mikroskop die Grenzen des Wahrnehmbaren überschreiten half, so wie das Dynamoprinzip die Muskelkraft um das Vieltausendfache verstärkte, so führt die Nachbildung der menschlichen Erkenntnisprozesse zu einer Vervielfachung der natürlichen Intelligenz. Dies erweitert unsere Erkenntnisfähigkeit in Dimensionen, die einem einzelnen Nervensystem nicht zugänglich sind. Die ersten Schritte auf diesem Wege sind gegangen. Es sind die allerersten.“

In der gleichen Arbeit hebt F. KLIX hervor: „Wir sind damit (beim Prozeß der Spracherzeugung und des Sprachverstehens K. F.-K.) an die Grenze des gegenwärtigen Wissens gelangt. Es ist ein Wissen, das die Tür zu einer neuen Fragestellung zu öffnen gestattet: Was ist Semantik in der Sprache? Dies ist ein Fundamentalproblem interdisziplinarischer Forschung im ausgehenden 20. Jahrhundert.“[2]

[439] In diesem Sinne ist also eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen semantischen und syntaktischen Informationsverarbeitungsprozessen zu treffen und ihr Verhältnis zueinander genauer zu untersuchen (**41d**, **41e**, **41f**).

---

[1] WENZLAFF, B.: Entwicklungslinien dynamischer automatisierter Informationsverarbeitungssysteme (AIVS). In: II. wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung – Tagungsmaterial. Berlin 1975.

[2] KLIX, F.: Organismische Informationsverarbeitung Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Ges. Sprachw. Reihe XXIII (1974), 1.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Dies ermöglicht auch, das hier zur Diskussion stehende *Grundproblem des Verhältnisses zwischen dem rein syntaktisch arbeitenden technischen Automaten* (*als Informationstransformator*) *und dem zur semantischen Informationsverarbeitung* (*zur Informationsvermehrung*) *befähigten Menschen genauer zu bestimmen*.

Es wird heute immer deutlicher, daß die Struktur und Organisation der Information und Informationsverarbeitungsprozesse in den verschiedenen Bereichen der objektiven Realität sowie das geeignete Zusammenwirken menschlicher und maschineller Operationen zum Gegenstand einer wissenschaftlichen Theorie zu machen ist. Es entwickelt sich die Informatik als Wissenschaft von der Struktur und Organisation semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitungsprozesse unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten der Nutzung des Automaten in einer effektiven Mensch-Maschine-Kombination (vgl. 41 f.). Letzteres verlangt eine starke gesellschaftswissenschaftliche Orientierung.

*Das theoretische, philosophische und methodologische Grundproblem der Informatik ist das des Verhältnisses des technischen Automaten zu seiner gesellschaftlichen Umwelt*. Es geht insbesondere um die Frage, welches Verständnis der Mensch von sich selbst und der ihn umgebenden Wirklichkeit haben muß, um den Automaten und die Probleme seiner Integration in die verschiedenen gesellschaftlichen Arbeitsprozesse richtig zu verstehen. Die entscheidende Frage ist, ob sich die gesamte objektive Realität, die Natur, die Gesellschaft und das menschliche Denken auf ein Ensemble formalisierter Abläufe reduzieren lassen oder nicht. Wenn letzteres möglich wäre, dann könnte auch der Mensch bzw. das menschliche Verhalten vollständig objektiviert und formalisiert werden, er wäre damit durch den informationsverarbeitenden Automaten vollständig zu ersetzen.

Die automatisierte Informationsverarbeitung ist Entwicklungsprodukt und konzentrierter Ausdruck der gegenwärtig sich vollziehenden wissenschaftlich-technischen Revolution. Auf Grund der Jugend dieses Problemkreises ist es verständlich, daß die hier auftretenden Probleme bisher nur in geringem Maße philosophisch reflektiert wurden, sie berühren aber Fragen, die schon seit langem in der Philosophie diskutiert und zum Teil geklärt wurden.

Das mechanistische Denken ist und war immer bestrebt, die objektive Realität allein als ein Ensemble von Maschinen und Mechanismen zu vorstehen. Danach vollziehen sich die Material-, Energie- und Informationsprozesse gemäß vollständig objektivierbaren und formalisierbaren und wenn letztere Bedingung gegeben ist, auch programmierbaren Gesetzen. Die objektive Realität, die Natur, Gesellschaft und das Denken wird so als eine Welt von *isolierten Atomen bzw. Elementarbausteinen, die in mathematisch* [440] *formulierbaren Relationen zueinander stehen*, aufgefaßt. Dieser mechanizistische Denkansatz wurde von der atomistischen Logik, wie sie von B. RUSSELL und L. WITTGENSTEIN entwickelt wurde, konsequent zu Ende gedacht.

Die Klärung der philosophischen Grundlagen der Informationsverarbeitung stellt eine besonders aktuelle Aufgabe dar. H. ZEMANEK[1] hat mehrfach darauf aufmerksam gemacht, daß insbesondere die Auseinandersetzung mit dem logischen Positivismus, speziell mit der Philosophie LUDWIG WITTGENSTEINs zu philosophischen Problemen der Informationsverarbeitung hinführt, da WITTGENSTEIN in seinem „Tractatus Logico-Philosophicus“[2] die Welt des Computers voraus und ins Extrem gedacht hat. Das Scheitern seiner Philosophie, das er später zum Teil selbst erkannte, sowie die Überwindung des Neopositivismus auf der Grundlage der dialektisch-materialistischen Philosophie[3] kann uns daher heuristische Hinweise ge-

[1] ZEMANEK, H.: Philosophie der Informationsverarbeitung. Nachrichtentechn. Z. 26 (1973), H. 3, S. 384-389.
[2] WITTGENSTEIN, L.: Tractatus Logico-Philosophicus. London 1955.
[3] Hinsichtlich weitergehender Fragen sei u. a. auf die Untersuchungen von M. CORNFORTH, I. S. NARSKI, V. RUML sowie H. HORSTMANN verwiesen:
1. MAURICE CORNFORTH: Wissenschaft contra Idealismus. Berlin 1953.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

ben, in welcher Richtung Theorie und Praxis der automatisierten Informationsverarbeitung zu entwickeln sind.

In vorliegender Arbeit gingen wir von vornherein davon aus (vgl. s. 27), daß die zur Diskussion stehenden Automaten allein physikalischen Gesetzen und in ihrem funktionellen Verhalten bestimmten mathematisch-logischen Operationen homomorph sind. In anderen Worten: Unsere heutigen digitalen Rechenautomaten sind aufgebaut auf der Aussagenlogik, wie sie von RUSSELL und WHITEHEAD in den „Principia Mathematica“ entwickelt wurde und realisieren damit in der Tat die Struktur des „Tractatus“.

Alles, was im Automaten geschieht, ist eine wohl definierte logische Kombination von „Elementarsätzen“, die (von den Funktionsfehlern abgesehen) prinzipiell verifizierbar sind.

Der Ingenieur und Philosoph LUDWIG WITTGENSTEIN wollte in der Nachfolge von DESCARTES und LEIBNIZ eine mathesis universalis [Universalmathematik] finden, die für die Philosophie das leisten sollte, was die Einführung der Operatoren-Symbole für die Mathematik geleistet hat.
In seinem Werk „Tractatus Logico-Philosophicus“ geht er vom „Logischen Atomismus“ B. RUSSELs aus, dem die Annahme zugrunde liegt, daß sich die Welt aus voneinander absolut unabhängigen Tatsachen zusammensetzt. Die allgemeinen Sätze seien ausnahmslos Wahrheitsfunktionen der Einzelaussagen, durch logische Relationen aus letzteren gebildet. Da die Welt nur aus voneinander isolierten Einzeltatsachen besteht, kann sie durch die [441] Gesamtheit der Elementarsätze auch vollständig erfaßt werden. Durch die Kombination von Elementarsätzen kann die Wissenschaft weitere Erkenntnisse gewinnen, letztlich sei dies aber nur eine formale tautologische Umwandlung der Elementarsätze. Die Summe der Erkenntnisse ist im Prinzip bereits in den Elementarsätzen vorhanden. Es geht demnach, wie beim Automaten, lediglich um eine Informationstransformation. WITTGENSTEIN schreibt: „Die Welt ist vollständig beschrieben durch die Angabe aller Elementarsätze plus der Angabe, welche von ihnen wahr und welche falsch sind.“[1]
Durch Prüfung der Elementarsätze und ihrer Ableitung mit Hilfe der Naturwissenschaft erhielte man also eine perfekte und vollständige Beschreibung der Wirklichkeit. Über alles, was nicht in dieser formalen Beschreibung durch die exakten Naturwissenschaften vorkommt, könne man wohl spekulieren, wissenschaftlich müsse man jedoch darüber schweigen. Zu dem, worüber nichts gesagt werden könne, gehören somit die gesamten Fragestellungen der Philosophie, aber darüber hinaus werden große Bereiche der objektiven Realität, die diesen strikten Forderungen nicht genügen, ausgeklammert, so daß der logische Positivismus gerade durch seine strikte Forderung nach logischer Geschlossenheit dem Irrationalismus Vorschub leistet (vgl. **141a**, S. 88).
Der dritte Weg in der Philosophie, jenseits von Materialismus und Idealismus, den man durch Beschränkung der Philosophie auf die Syntax der Sprache und auf ein System von Verifikationsakten finden wollte, ist damit deutlich gescheitert.
Die These von den Elementarsätzen als Totalität der wissenschaftlichen Erkenntnis steht im Widerspruch zum realen Charakter dieses Erkenntnisprozesses, selbst wenn wir uns auf den Vergleich von Aussagen über Beobachtungsergebnisse beim Messen und bei anderen Experimenten beschränken. Auch hier gibt es keine als Element der Empfindung gegebene atomare Tatsache. Meßergebnisse sind eine sowohl quantitative als auch qualitative Bestimmung des Gegenstandes. Eine richtige Interpretation des Meßergebnisses ist nur in einer Theorie über den Forschungsgegenstand möglich. Damit überschreitet jedoch bereits der Satz, der das Meßergebnis enthält, das Elementare der von den Positivisten angenommenen Elementarelemente. Jedoch nicht nur die Voraussetzung der Elementarsätze war falsch, sondern auch die von RUSSELL und WITTGENSTEIN implizierte Annahme ewiger Wahrheiten. Der härteste Einwand gegen das Grundkonzept des Tractatus kam jedoch durch den Nachweis GÖDELs, daß selbst die Methodik der Axiomatisierung nicht perfekt ist (vgl. S. 201-202, Fußnote).
Später war WITTGENSTEIN kein analytischer Philosoph mehr im Sinne RUSSELLs und suchte selbst nach einem Ausweg aus der auch für ihn gescheiterten Philosophie des Tractatus. In seiner Theorie der Sprachspiele hob er dann hervor: „Die Bedeutung ist der Gebrauch“ und untersuchte die Unterschiede zwischen verschiedenen Anwendungen, Aufgaben oder Funktionen eines Wortes. Wenn dieser Sprachgebrauch jedoch nur durch einen sprachlichen Kontext verstanden wird, dann läßt sich die Bedeutung der Worte auch aus dem Gebrauch nicht vollständig herauslesen. In Wirklichkeit ist der Gebrauch von Worten von Ort zu Ort, von Mensch zu Mensch, ja zu verschiedenen Zeiten auch beim gleichen Menschen immer unterschiedlich.

---

2. I. S. NARSKI: Positivismus in Vergangenheit und Gegenwart. Berlin 1953.
3. VLADIMIR RUML: Der logische Positivismus. Berlin 1965.
4. HUBERT HORSTMANN: Der Physikalismus als Modellfall positivistischer Denkweise. Berlin 1973.
Die Hauptthesen des logischen Positivismus sind schon explizit im „Tractatus Logico-Philosophicus“ formuliert oder zumindest potentiell enthalten.
[1] LUDWIG WITTGENSTEIN: Tractatus Logico-Philosophicus. London 1955, S. 90.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Damit ist die automatisierte Informationsverarbeitung deutlich im Rahmen der mathematisch-logischen Welt des „Tractatus“. Dies wird oft allzuleicht vergessen, sobald man philosophisch über sie reflektiert. Seine Grenzen machen deutlich, daß Physik und Computer den Menschen weder vollständig erklären noch ersetzen.

[442] Die These von der Existenz nicht weiter zerlegbarer Elemente der Erkenntnis (Elementarsätzen) erweist sich als Fiktion. Ebenso unrichtig wie die von RUSSELL und WITTGENSTEIN entwickelte atomistische Logik ist eine atomistische Linguistik, die von isolierten Worten ausgeht. Von einzelnen Worten ausgehende Assoziationsnetze bzw. semantische Netze führen zwar zu bestimmten Resultaten, können letztlich aber nicht befriedigen, denn, wenn (vgl. BAR-HILLEL)[1] die Bedeutung auf eine Grundrelation zurückgeführt werden kann, so besteht diese zwischen Sätzen und nicht zwischen Wörtern.

Vielfach glaubte man, durch ein bloßes Speichern von Wörtern und syntaktischen Regeln das Problem des Bedeutungsgehaltes bewältigen zu können. Gegenwärtig bemüht man sich, dem Automaten Sätze mit einer Bedeutungsanalyse einzugeben und die Beziehungen zwischen den Begriffen durch Hinweise auf die betreffenden Speicherplätze zu berücksichtigen. Da man sich der Bedeutung einer Sache über ihre Relationen nähern kann (und wenn wir berücksichtigen, daß mit Hilfe der Mikrotechnologie künftig billigere Speicher zur Verfügung stehen und auch parallele Suchprozesse ausgeführt werden), so ist es wohl möglich, daß man sich auf diese Weise dem Problem der Semantik wird nähern können. Es bleiben dann jedoch immer noch (vgl. ZEMANEK)[2] die großen Probleme des Auswahlvorganges und des Reduktionsvorganges, deren Bewältigung erst eine intelligente Leistung ermöglichen. Zu einem großen Teil wird von den Praktikern wie auch den Theoretikern der automatisierten Informationsverarbeitung die bisherige philosophische Diskussion zu der Semantik (zu ihrem Schaden) nicht beachtet. Die Überschätzung der Möglichkeiten automatisierter Informationsverarbeitung hat, wie ZEMANEK hervorgehoben hat, oftmals ihre Wurzeln in einer Unterschätzung der Probleme des Verständnisses der Semantik und ihrer Erhaltung während der Verarbeitung.
Wir mußten lernen, daß es auf keinem Gebiet der objektiven Realität, wenn man zum Wesen der Erscheinung vordringt, isolierte Elementarbausteine gibt, auch nicht im Denken des Menschen. Philosophisch wird diese Tatsache insbesondere durch die deutlich hervortretende Dialektik von Teil und Ganzem reflektiert (vgl. S. 368). Dort, wo kybernetische Systeme modelliert bzw. durch technische Systeme nachgebildet werden, ist – wie in der (klassischen) Physik – immer die Erklärung des Ganzen aus den Elementen und ihren Relationen der vorrangige Ausgangspunkt. Die Beeinflussung der Elemente durch die komplexe Gesamtstruktur bleibt unberücksichtigt.

Um das Verhältnis von semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitung zu verstehen und damit auch das Verhältnis vom schöpferisch tätigen Menschen und strukturverarbeitenden technischen Automaten, muß insbesondere auch das komplementäre Verhältnis von Bedeutungsreichtum und Präzision unserer Begriffe berücksichtigt werden.

Die Sicherheit der Kommunikation, die Möglichkeit des Automateneinsatzes, die Exaktheit und Geschwindigkeit seiner Operationen wird erkauft durch eine drastische Reduktion und Restriktion der Semantik (vgl. FREY[3]).

[443] Die Erzeugung und Verarbeitung semantischer Aussageinhalte erfolgt durch Operationen, die die Semantik der Informationen zum unmittelbaren Gegenstand haben. Das Ziel der Modellierung semantischer Informationsverarbeitungsprozesse ist ihre Abbildung auf Operationen, die die syntaktische Darstellung der Bedeutung und nicht diese selbst zum unmittelbaren Gegenstand haben und somit die unmittelbare Verarbeitung von Bedeutungen auf die vermittelte Verarbeitung von Bedeutungen zurückführt (vgl. **41f**.). Modelle, die diesen Anforderungen genügen, sind als Formalisierung informationeller Prozesse anzusehen.

[1] BAR-HILLEL, G.: Wesen und Bedeutung der Informationstheorie – Diskussion. In: Information über Information. Hamburg 1971.
[2] ZEMANEK, H.: Philosophische Konsequenzen und zukünftige Möglichkeiten der Kybernetik-Diskussion. In: Information über Information. Hamburg 1971.
[3] FREY, G.: Semantische Probleme der Informationstheorie und Kybernetik – Diskussion. In: Information über Information. Hamburg 1971.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Indem der Mensch der Maschine formalisierbare semantische Informationen überantwortet, also eine Abbildung semantischer auf syntaktische Informationsstrukturen vollzieht, schafft er die Voraussetzung für die Realisierung maschinell realisierbarer Strukturverarbeitungsprozesse (syntaktische Informationsverarbeitung).

Automatisierbar ist also allein die algorithmische Verarbeitung von Daten, der Teilmenge der Informationen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der Objektbezug, die Bedeutung sowie ein bedeutungsbezogener Wortgrößenbereich exakt definiert sind, so daß die Informationen eindeutig auf extensional definierte Strukturen abbildbar sind.

Jede schöpferische Tätigkeit des Menschen, soweit sie auf Erzeugen, Selektieren und Verarbeiten von Informationen beruht, ist ihrem Wesen nach eine Einheit von semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitung. Sie ist demnach als Problembearbeitungs- und Problemlösungsprozeß ein nicht durchgängig automatisierbarer Informationsverarbeitungsprozeß.

*Die Dialektik von semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitung, die Möglichkeiten und Grenzen der Formalisierbarkeit der Information, zeigen uns zugleich die Möglichkeiten und die Notwendigkeiten der Funktionsteilung zwischen Mensch und Automat*.

Der Konzeption, daß in allen Systemen eine Erhöhung des Automatisierungsgrades und damit eine Verringerung der Mitarbeit des Menschen angestrebt werden sollte, muß entschieden widersprochen werden. Dies kann höchstens dort erfolgversprechend angestrebt werden, wo es sich um formalisierte schematische Routine handelt. Wer also behauptet, daß alles automatisierbar sei, müßte nachweisen, daß die Semantik immer eindeutig fixierbar ist, daß wir es immer mit extensionalen Beziehungen zu tun haben, bzw. daß sich alle intensionalen Beziehungen und Bestimmungen ausmerzen und durch extensionale ersetzen lassen. Eine solche Vorstellung berücksichtigt jedoch nicht die dialektische Beziehung von Inhalt und Form.

In der Entwicklung der Wissenschaft zeichnet sich die Tendenz des Übergangs von intensionalen und extensionalen Beziehungen ab. Wissenschaftssprachen, Programmiersprachen sind für bestimmte Zwecke präziser und übersichtlicher, sie lassen sich leichter handhaben und ermöglichen den Einsatz elektronischer Rechenanlagen. Die intensionalen Beziehungen werden jedoch nicht eliminiert. Es gilt immer die Bedeutung in ihrer Veränderung zu berücksichtigen.

[444] In der Regel ist die Darstellung eines semantischen Informationsverarbeitungsprozesses durch einen syntaktischen Informationsverarbeitungsprozeß die Fixierung des Wesentlichen unter einem speziellen Aspekt.

Durch die Modellierung (Abbildung semantischer auf syntaktische Informationsverarbeitungsprozesse) erfolgt eine Einschränkung des Operationsraumes, in dem sich semantische Informationsverarbeitungsprozesse abspielen, sowie eine Ersetzung der Funktionsprinzipien semantischer Operationen (Kombination von Bedeutungsstrukturen in ihrer dialektischen Einheit von Wesentlichem und Unwesentlichem) durch Prinzipien der Transformation von Syntaxstrukturen.

Es gibt eine Fülle von wesentlichen Bedeutungen über der gleichen Struktur. Diese Bedeutungen kommen nicht plötzlich hinzu, sie waren potentiell schon da, aber eben nur als Potenz, als das unter verschiedenen Aspekten Wesentliche.

Die Fachsprachen eines Technikers, Mediziners oder Juristen sind reduktiv durch entsprechende Präzisierung und Uminterpretation aus der Umgangssprache entstanden.

Der Übergang von den klassifikatorischen, komperativen und metrischen Begriffen einer Wissenschaftssprache zur formalisierten Wissenschaftssprache und den der Maschine einzu-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

gebenden Code-Zeichen ist wiederum mit einem semantischen Reduktionsprozeß verbunden. Die Bedeutungsreduktion eines Begriffs von der Umgangssprache über die Fachsprache bis zu einer formalisierten Wissenschaftssprache bzw. einem Kalkül führt zu einer Fixierung der Bedeutung und gibt damit die Möglichkeit der Abbildung auf Strukturen, die dem Automaten zugänglich gemacht werden können. Oftmals ist jedoch das Verständnis des Ganzen und der Zusammenhänge wichtiger als die Berechenbarkeit im Detail.

Für die Bearbeitung von Aufgaben durch Automaten müssen alle auftretenden Möglichkeiten der Verarbeitung semantischer Informationen durchgespielt und fixiert worden sein, so daß dieses erarbeitete Schema an die Stelle einer schöpferischen Verarbeitung semantischer Informationen treten kann. Da beim Einsatz des Automaten die zielstrebige schöpferische semantische Informationsverarbeitung transformiert werden muß in eine langwierige Kombination von Elementen des Schemas, darf dieses nicht zu umfangreich sein. Wenn es zu umfangreich ist, wie z. B. beim Schachspiel, bei der Sprach- und Zeichenerkennung, so ist es, wie u. a. BREMERMANN wiederholt deutlich gemacht hat[1], durch ausschöpfende Such- und Vergleichsmethoden nicht bearbeitbar. H. J. BREMERMANN schreibt seine Analyse zusammenfassend: „t sec eines Sprachübertragungskanals entsprechen bis zu $2^{t \cdot 30000}$ unterscheidbare Konfigurationen. Ein (grobes) 20 x 20-Bildraster hat $2^{100}$ mögliche Schwarz-Weiß-Konfigurationen – mehr als Protonen im Universum. Sprach- und Zeichenerkennung ist daher (aus kombinatorischen Gründen) durch ausschöpfende Such- und Vergleichsmethoden nicht lösbar. Fast alle Verfahren versuchen, durch Messungen von Eigenschaften (features) das Problem kombinatorisch [445] zu reduzieren. Eine Theorie geeigneter ‚features' existiert nicht ... Die Lösung einiger Erkennungsprobleme liegt möglicherweise in synthetisch-kybernetischen Verfahren, die eine aktive Wechselwirkung zwischen Erkennungsobjekt und Erkennungsalgorithmus sowie deformierbare Prototypen enthalten."
Die menschliche Verarbeitung semantischer Informationen erfolgt offensichtlich unter Ausnutzung anderer Funktionsprinzipien als diejenigen heutiger digitaler Datenverarbeitungsanlagen[2].

Es gibt also eine Reihe philosophischer, wissenschaftstheoretischer wie auch einzelwissenschaftlicher Hinweise dafür, daß die semantische Informationsverarbeitung als Ganzes nicht auf syntaktische reduzierbar ist. Wie B. WENZLAFF herausgearbeitet hat (**41f.**), liegt der semantischen Informationsverarbeitung vor allem die Fähigkeit zugrunde, beim Erfassen der Information den Gesamtzusammenhang zu berücksichtigen, in dem diese Information steht, so daß sie eine spezifisch nuancierte Bedeutung erhält. Dieser Gesamtzusammenhang, in dem eine Information steht, wird unter verschiedenen Aspekten bewertet und gewichtet.

Die Sprache ist daher auch nicht herauslösbar aus dem gesamten Komplex der gesellschaftlichen Umwelt.

Die Variabilität und Dynamik der Sprache ist Ausdruck ihrer Lebendigkeit, dies läßt zwar Mißverständnisse zu, ermöglicht aber vor allem auch geistigen Fortschritt.

*Auf Grund der Lebendigkeit der Sprache, ihrer Variabilität und Dynamik, ist eine isomorphe Abbildung semantischer auf syntaktische Informationsverarbeitungsprozesse nicht möglich.* Dennoch ist die Modellierung semantischer Informationsverarbeitungsprozesse überall dort, wo solche Abbildungen sinnvoll sind, der Weg der Entwicklung und Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden zur Lösung praktischer und theoretischer Problemstellungen. Dabei impliziert das Spannungsfeld zwischen semantischen und syntaktischen Informationsverarbeitungsprozessen Kriterien der Möglichkeiten und Grenzen sog. exakter (in formalisierten Wissenschaftssprachen darstellbarer) wissenschaftlicher Erklärungen von Sachverhalten.

*Mit der Fähigkeit zur semantischen Informationsverarbeitung, mit der Entwicklung der menschlichen Sprache als Instrument symbolischen Wissens über die objektive Realität wurde unser Wissen übertragbar und es entwickelte sich die Möglichkeit der sozialen Überliefe-*

[1] BREMERMANN, H. J.: What Mathematics Can and Cannot Do for Pattern Recognition. In: Zeichenerkennung in biologischen und technischen Systemen. 4. Kybernetik-Kongreß, Heidelberg 1971.
[2] BREMERMANN, H. J.: Quanten Noise and Information. In: Proceedings of the 5. Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. University of California Press.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

*rung*. Neben der biologischen Evolution auf der Grundlage der biologischen Vererbung begann die gesellschaftliche Evolution auf der Grundlage der *Überlieferung gesellschaftlicher Erfahrung*, so daß nicht mehr alles selbst erlebt werden muß, um einen bestimmten Sachverhalt zu kennen. Die biologische Evolution beruht auf der Auslese genetischer Strukturen durch unterschiedlichen Fortpflanzungserfolg. Die Evolution des Menschen beruht auf *gesellschaftlicher Überlieferung von* [446] *Wissen, das an Werkzeugen oder an der Differenzierung der Arbeitsorganisation wirksam wird* (vgl. **39**). Auf die Bedeutung dieser Zusammenhänge wurde in jüngster Zeit verschiedentlich u. a. in der Arbeit von N. P. DUBININ[1], K. FUCHS, M. STEENBECK und W. SCHEELER (**159c**) aufmerksam gemacht.[2]

Die Möglichkeit zur Veräußerlichung bzw. Vergegenständlichung der Information führt zu dieser vergleichsweise außerordentlich schnellen gesellschaftlichen Entwicklung. Auch wenn der Mensch sich der Wirkung der biologischen Evolution nicht entziehen kann, so wird sie als bestimmende Gesetzmäßigkeit immer mehr zurückgedrängt. Die Tauglichkeit des Menschen für seine Umwelt wird also nicht durch Veränderung der genetischen Ausstattung der Menschheit erreicht, sondern indem die Umwelt verändert und entsprechend menschlichen Zwecken umgestaltet wird. „Mit dem Menschen“, hebt FRIEDRICH ENGELS hervor, „treten wir ein in die Geschichte. Auch die Tiere haben eine Geschichte, die ihrer Abstammung und allmählichen Entwicklung bis zum heutigen Stand. Aber diese Geschichte wird für sie gemacht, und so, wie sie selbst daran teilnehmen, geschieht es ohne ihr Wissen und Wollen. Die Menschen dagegen, je mehr sie sich vom Tier im engeren Sinne entfernen, desto geringer wird der Einfluß unvorhergesehener Wirkungen, unkontrollierter Kräfte auf die Geschichte, desto genauer entspricht der geschichtliche Erfolg dem vorher festgestellten Zweck.“ (**35**, S. 323.) Der qualitative Sprung wird durch einen neuen Freiheitsgrad erreicht. An die Stelle der Reflexhandlungen und der automatischen Verhaltensweisen der Tiere tritt beim Menschen die bewußte Entscheidung und die bewußte Selbstbeherrschung.

Der Mensch kann auch ein dem Automaten ähnliches Verhalten zeigen, indem er es auf bestimmte eingeübte bedingte Reflexe oder ihm von außen aufgedrängte Regeln gründet. Durch bewußte Entscheidung und bewußte Selbstbeherrschung kann er maschinenähnliches Verhalten und Verhaltensweisen, die ihm mehr als Tier, denn als gesellschaftlichem Menschen entsprechen, überwinden.

Entsprechend unserer These, daß jeder Übergang zu einer höheren Bewegungsform der Materie mit einer stärkeren inneren Determination, die im Wesen der Träger der jeweiligen Bewegungsform begründet liegt, wird der Übergang zu gesellschaftlicher Bewegungsform der Materie und ihre weitere Entwicklung auch immer mehr durch das Wesen des Menschen, Mensch unter Menschen zu sein, bestimmt. Wie mit der Entstehung des Lebens durch das dialektische Verhältnis zwischen biologischem Ganzen und seiner Teile, tritt auch hier ein weiterer determinierender Faktor auf.

*Die bewußte Entscheidung und bewußte Selbstbeherrschung ist um so effektiver, je umfassender die Kenntnisse des Menschen von den Gesetzmäßigkeiten* [447] *der Natur und Gesellschaft und je tiefer das Verständnis seiner Mitmenschen und seiner selbst als gesellschaftliches Wesen ist.*

Es kann also festgehalten werden:

1. Geistige Operationen, die Informationsprozesse darstellen, erweisen sich nur dann als automatisierbar, wenn die der Verarbeitung zugrunde liegenden Informationen den Charakter

[1] DUBININ, N. P.: Neue Kategorien der Evolution des Menschen. In: Philosophische und ethische Probleme der Molekularbiologie. Berlin 1974.
[2] Der Begriff der gesellschaftlichen Überlieferung scheint mir aus verschiedenen Gründen günstiger als der der sozialen Vererbung.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

von Daten tragen und die Operationen mit ihnen vollständig und sprunglos durch Algorithmen im Sinne der Turingmaschine beschreibbar sind. Da eine isomorphe Abbildung semantischer auf syntaktische Informationsverarbeitungsprozesse nicht möglich ist, läßt sich menschliche Informationsverarbeitung somit auch nicht auf Datenverarbeitung reduzieren, der Mensch durch den Automaten nicht vollständig ersetzen.

2. Das Leben unterscheidet sich zumindest vom herkömmlichen Automaten in der Art der Informationsspeicherung und -verarbeitung, in der Art der Erhaltung ihrer Stabilität, in der Tatsache, daß einzelne molekulare Veränderungen für das Gesamtverhalten des Systems wesentlich werden können, und wahrscheinlich, wenn die Hypothese der Informationsvermehrung sich bestätigen sollte, vom beliebig möglichen Automaten vor allem darin, daß Lebewesen zur Informationsvermehrung befähigt sind.

3. Durch folgende Überlegung läßt sich wieder der Kreis schließen, der von den hier getroffenen Feststellungen zu unseren im Teil I gemachten Ausführungen über das Verhältnis von physikalischem und biologischem Begriffssystem zurückführt: Die Aussage, es liege vollständige, mechanische Informationsspeicherung bzw. Kontinuität der Information vor, d. h., es bestehe ein Isomorphismus zwischen den physikalischen Großen, welche die Zustände des Systems zu verschiedenen Zeitpunkten beschreiben, kann als äquivalent der Aussage angesehen werden. es sei eine vollständige Beschreibung des betreffenden Systems mit „rein“ physikalisch-chemischen Begriffen möglich. Die Aussage, daß keine vollständige, mechanische Informationsspeicherung und keine reine Informationstransformation, sondern ein Prozeß mit endogener Informationsvermehrung vorliege, ist dann äquivalent der Aussage, daß das „reine“ Begriffssystem der Physik und Chemie allein nicht ausreichend sei, den Lebensprozeß vollständig zu erklären. Es muß *modifiziert* werden, soll das lebende System voll verstanden werden. Die Fähigkeit zur Informationsvermehrung scheint ein entscheidender Hinweis auf die Eigengesetzlichkeit des Lebenden; denn wir sagten, daß der Automat, der allein den physikalisch-chemischen Gesetzen unterliegt, nur zur Informationstransformation befähigt ist. Die Eigengesetzlichkeit des Lebenden ist nur in enger Verbindung mit Physik und Chemie sowie unmittelbar verbunden mit der Ganzheit des Organismus zu verstehen, durch die die „rein“ physikalisch-chemischen Prozesse modifiziert werden.

[448] *Der tätige Mensch ist zu echten, schöpferischen Leistungen fähig, dies um so mehr, als es ihm gelingt, sich im Ergebnis der wissenschaftlich-technischen Revolution von schematisch-geistiger Arbeit zu befreien, diese den Automaten zu übertragen. Daher sind nicht Roboter* (*Informationstransformatoren*) *die zentralen Kräfte der wissenschaftlich-technischen Revolution, sondern die Menschen in ihrer Individualität und in ihrem kollektiven Zusammenwirken* (**191**, S. 21), die in der sozialistischen Gesellschaft ihre geistigen und körperlichen Fähigkeiten im Dienste der Gemeinschaft voll entfalten können. Der Mensch als denkendes, gesellschaftliches Wesen ist zur bewußten Umgestaltung seiner Umwelt und seines eigenen Seins befähigt. Dazu schafft er sich Werkzeuge, zu denen auch die Automaten gehören. Nur wer diese Fähigkeit des Menschen leugnet und sich auf die Interpretation der Welt beschränkt, kann die Auffassung vertreten, daß der Mensch durch seine eigene Schöpfung überholt oder zerstört werden könnte. Automaten sind Werkzeuge des Menschen, das Resultat seiner Fähigkeit, die Welt schöpferisch umzugestalten und zu beherrschen. [449]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## 11. Zusammenfassung

Die Arbeit behandelte eine Reihe wesentlicher Aspekte des Determinismusproblems und der Kybernetik in der molekularen Biologie. Im ersten Teil wurde insbesondere das Verhältnis des technischen Automaten zu lebenden Systemen diskutiert, im zweiten Teil Regulationsprobleme der einzelnen Zelle, Probleme der Evolution und des Verhältnisses von Automat und Mensch.

Der Organismus ist ein hochkomplexes System. Hohe Komplexität verlangt ein Höchstmaß an Strukturfeinheit, Differenziertheit, Verschiedenheit der einzelnen Teile und somit einen hohen Informationsgehalt, sie verlangt ebenso eine Vielfalt an Wechselbeziehungen zwischen den Teilen des Systems.

Wir können Unterschiede im Grad der Komplexität zwischen den gewöhnlichen anorganischen Systemen der Physik und Chemie, den komplizierten Rechenautomaten und den Lebewesen feststellen. Es wird die These vertreten, daß Komplexität nicht additiv zu behandeln ist, daß eine quantitative Zunahme der Komplexität eines Systems über qualitative Umschläge zu qualitativ neuen Verhaltensweisen führt. Ausgehend von diesen Thesen werden die Beziehungen zwischen technischen Automaten und lebenden Systemen diskutiert. Grundsätzlich wird die Antwort gegeben, daß Automaten Modelle darstellen, die immer den Charakter der Annäherung gegenüber den Lebensprozessen tragen, daß jedoch keine feste Grenze zwischen ihnen und den lebenden Systemen besteht.

Lebewesen und Automat stehen in einem dialektischen Verhältnis von Einheit und Unterschied. Biologische Gesetzmäßigkeiten sind tiefer, weiter und damit zugleich konkreter als die Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Regelungs- bzw. Automatisierungstechnik in Anwendung auf das Lebensgeschehen. Bei einem bestimmten Grad an Homogenität jedoch, einer Reduktion von Differenziertheit und Wechselbeziehungen, der Beschränkung auf eine hinreichend grobe Struktur lassen sich biologische Formen des Verhaltens durch Verhaltensweisen komplizierter technisch-kybernetischer Systeme beschreiben. Die Erforschung biologischer Formen des Verhaltens sollte daher in enger Korrespondenz mit der Erforschung der Verhaltensweisen komplizierter Automaten geschehen, weil die Automatisierungstechnik begrenzt gültige Verhaltensmodelle für biologische Erscheinungen liefert.

[450] Eine mögliche Form der Erfassung gegensätzlicher Verhaltensweisen ist das von BOHR aufgestellte „Prinzip der verallgemeinerten Komplementarität“, demzufolge biologische Gesetze die Ergänzung der physikalisch-chemischen Gesetze sind.

Die methodische Anwendbarkeit des Prinzips der verallgemeinerten Komplementarität in der Biologie zur Abgrenzung von der Betrachtungsweise des Mechanizismus und des Vitalismus sowie zur Abgrenzung zwischen Automat und Leben wurde eingehend diskutiert und subjektivistische Deutungen zurückgewiesen. Ein dialektisch-materialistisches Verständnis der engen Beziehung zwischen Physik, Chemie und Biologie steht sowohl dem Vitalismus als auch dem Mechanizismus entgegen. Biologische Gesetze widersprechen nicht den physikalisch-chemischen Gesetzen, sie sind auch nicht einfach deren Ergänzung, sie lassen sich jedoch auch nicht vollständig auf diese reduzieren.

In diesem Zusammenhang werden Probleme einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption besprochen.

Das Kausalprinzip muß gegenüber der engen klassischen, mechanistischen Determinismuskonzeption eine entsprechende Verallgemeinerung erfahren. Wird unter Kausalität die konkrete, unmittelbare Vermittlung des objektiven Zusammenhanges verstanden und eine klare Unterscheidung zwischen den Begriffen Kausalität und Gesetz getroffen, dann widersprechen statistische Gesetze nicht der Determination der Einzelheiten der mikroskopischen Struktur und Dynamik des lebenden Organismus im dialektischen Sinne.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Der Indeterminismus leugnet die Kategorie der Notwendigkeit, der mechanische Determinismus leugnet den Zufall. Einer dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption muß es um eine dialektische Einheit von Notwendigkeit und Zufall im objektiv Möglichen gehen, die sich gründet auf die innere Widersprüchlichkeit der Materie. Die objektiven Gesetzmäßigkeiten determinieren nicht alle Aspekte eines Prozesses, sondern die wesentlichen, so daß Raum bleibt für verschiedene Möglichkeiten. Auch die Kategorie des Neuen muß einen Platz in der dialektisch-materialistischen Determinismuskonzeption finden. Im letzten Abschnitt des ersten Teils der Arbeit wird die Problematik des Wahrscheinlichkeitsgesetzes diskutiert. Die Auffassung, daß den statistischen Gesetzen dynamische zugrunde liegen, ist an der klassischen Statistik orientiert. Es muß zwischen klassischer Statistik und Probabilistik unterschieden werden. Das Entscheidende ist, ob man eine Wahrscheinlichkeitsaussage nur für Gesamtheiten von Objekten zuläßt, d. h. den Gültigkeitsbereich statistischer Gesetze auf Ensembles einschränkt, oder ob man sie auch für Einzelobjekte zuläßt. Das probabilistische Gesetz sagt in dem Falle aus, was bei dem Einzelprozeß möglich ist und welche Wahrscheinlichkeit für die Verwirklichung dieser Möglichkeit gegeben ist.

Die Auffassung, daß probabilistische Gesetzmäßigkeiten noch einer weiteren Erklärung bedürfen, widerspricht der dialektisch-materialistischen Auffassung von der Materie. Die Materie ist auf Grund ihrer inneren Widersprüchlichkeit zur Selbstbewegung befähigt, sie bringt die unendliche Viel-[451]falt selbst hervor, und sie birgt noch unerschöpfliche Möglichkeiten in sich. Gesetzmäßigkeiten, die sich auf das objektiv Mögliche beziehen, widerspiegeln diese Natur der Materie und bedürfen daher keiner weiteren Erklärung durch Rückführung auf andere Gesetze; es existieren somit Gesetzmäßigkeiten, die nicht allein den Charakter der Notwendigkeit tragen.

KARL MARX machte deutlich, daß für die Erkenntnis das praktische Verhältnis des Menschen zur Wirklichkeit entscheidend ist (**104**, Bd. 2, S. 375-378). Wird die Bedeutung der aktiven, bewußt verändernden Tätigkeit für den Erkenntnisprozeß nicht reflektiert, so kann die Erkenntnis nur Wissen vom Vergangenen bzw. Gewesenen sein. Die Philosophie vor MARX verharrte auf Grund der Klassenschranke in der Betrachtung, sie hatte damit auch kein Verhältnis zur Zukunft, sondern nur zum Gewordenen. Fassen wir unsere Erkenntnisse als Wissen vom Vergangenen auf, dann liegt alles fest, es ist immer nur eine Möglichkeit verwirklicht worden. Ist aber Erkenntnis Wissen vom Werden, vom Wesen der Materie in ihrer Widersprüchlichkeit, so wird man immer verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten zu berücksichtigen haben. Die bürgerliche Philosophie beschränkt sich auf die Interpretation der Welt, nimmt die Dinge, wie sie sind, oder hilft gar, diese zu verewigen. Die Philosophie der Revolution dagegen stellt die Frage nach den Möglichkeiten zur Veränderung der Welt zum Neuen und Guten. *Der Gedanke der Zukunft, der Wirklichkeit mit immer neuen Entwicklungsmöglichkeiten, ist daher grundlegend für die marxistische Philosophie*.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden spezielle biologische Vorgänge, vor allem im Bereich der einzelnen lebenden Zelle diskutiert. Es wurden hier in stärkerem Maße Ergebnisse der biochemischen und molekularbiologischen Forschung herangezogen. Insbesondere werden neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Regulation des Zellstoffwechsels aus informationstheoretischer und dialektisch-materialistischer Sicht ausgewertet und auf noch ungeklärte Fragen des Anpassungs- und Lernverhaltens der einzelnen Zelle hingewiesen.

Regelungstheoretische Überlegungen zu den Beziehungen zwischen Vererbung und Stoffwechsel lassen deutlich werden, daß das dreistufige Schema DNS-RNS-Protein, das die Beziehung des genetischen Materials als Steuerung im Sinne der Automatisierungstechnik erscheinen läßt, vom Blickpunkt der Gesamtdynamik nur ein Aspekt sein kann, der in seiner Verabsolutierung letztlich zu einer statischen Auffassung von der Zelle und zur Konzeption des Präformismus führen wird. Molekularbiologie und Genetik selbst haben in jüngster Zeit

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

(z. B. Arbeiten von JACOB und MONOD zur Regulation der Proteinsynthese) eine Reihe von Faktoren deutlich gemacht, die für komplizierte Anpassungsmechanismen der einzelnen Zelle charakteristisch sind.

Weiterhin werden Probleme der Informationsspeicherung auf molekularem Niveau diskutiert. Folgt man den Vorstellungen des Automatisierungstechnikers, denen zufolge eine enge Korrelation zwischen der Stabilität der Information über längere Zeit und der mechanischen und chemischen Stabilität des Speichermaterials besteht, so führen Überlegungen zur Informationsstabilität bei „biologischem Langzeitgedächtnis“ zu Hypothesen, die es [452] notwendig erscheinen lassen, nach Möglichkeiten einer Rückinformation vom Protein zur RNS zu suchen. Einen Beweis für eine solche Information gibt es bis heute nicht. Daher ist anzunehmen, daß Gedächtnisinformation *nicht* in molekularen Strukturen gespeichert wird. Als molekulare Basis von Lernvorgängen ist vielmehr die intrazelluläre Regulation der interneuronalen Konnektivität anzusehen.

Eingehend werden die selbstregulatorischen Eigenschaften der Enzymketten und die somit dynamisch bedingte Stabilität und Plastizität des Stoffwechsels diskutiert.

Im letzten Abschnitt des zweiten Teils der Arbeit wird eines der schwierigsten Probleme der gegenwärtigen Biologie, das der Höherentwicklung bzw. der Informationsvermehrung, diskutiert und einige Hypothesen formuliert. Ein Automat bzw. Informationstransformator ist nicht in der Lage, neue Informationen zu schaffen, es handelt sich immer um die Transformation präexistierender Informationen, die im günstigsten Falle (idealer Kanal) gegenüber informationsdegradierenden Einwirkungen (Rauschen) erhalten bleiben.

In der Phylogenese, aber wahrscheinlich auch in der Ontogenese (die Unzulänglichkeit einer präformistischen Konzeption vorausgesetzt) wird jedoch der Informationsgehalt des Systems nicht nur von Augenblick zu Augenblick erhalten. Die unbestreitbare Tatsache der phylogenetischen Entwicklung zwingt zu der Annahme, daß der Informationsgehalt der Lebewesen sich mit der Zeit erhöht, daß für ihre Entstehung und Entwicklung die Entstehung und Ansammlung übertragbarer Informationen eine wesentliche Bedingung war. Es ist vor allem diese genotypische erbliche Information, die die Existenz der Art und des Individuums mit seinen erblichen Merkmalen bestimmt und die Beständigkeit der Erbmerkmale sichert. Hypothesen über die Entstehung des Lebens müssen daher insbesondere den Ursprung dieser Baupläne erklären können, müssen Aussagen darüber machen können, wie der Informationsgehalt der Nukleinsäuren zustande gekommen ist. Eine Entwicklung zu höheren Formen wird erst durch die Entstehung vermehrungs- und mutationsfähiger Systeme möglich.

Für das Verständnis der Ontogenese wird nun die Frage wichtig, ob in der Zygote schon der gesamte Bauplan bzw. Informationsgehalt des erwachsenen Organismus niedergelegt ist. Auf der Grundlage bestimmter Abschätzungen, deren Wert sich allerdings anzweifeln läßt, ist es möglich, die These aufzustellen, daß der Informationsgehalt der Embryonalzelle bedeutend geringer ist als der des erwachsenen vielzelligen Organismus.

Betrachtet man allein die Erbinformation, so ist deutlich festzustellen, daß sich bei der Entstehung eines vielzelligen Organismus aus einer Zygote die *genetische Information* je Zelle wohl kaum vergrößert; es werden im Gegenteil sogar Teile dieser Information blockiert. Von den Embryonalzellen muß zur Herausbildung des erwachsenen Organismus natürlich ein beträchtlicher Teil der Erbinformation genutzt werden, in einer spezialisierten Gewebezelle dagegen, die zur Erfüllung einer bestimmten Funktion nur ein ganz bestim-[453]tes Enzymprofil aufweisen muß (vgl. Kleindruck S. 357 f. und 361 f.), wird sicher immer nur ein Bruchteil der Gesamtinformation genutzt. Man kann also eindeutig sagen (vgl. RAVEN, **134e**), daß sich während der Entwicklung des vielzelligen Organismus aus einer Zelle die spezifische Information der Erbstruktur *nicht* oder höchstens in Ausnahmefällen (Mutatio-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

nen) vermehrt, daß aber die Redundanz, der Überschuß an Information durch oftmaliges Wiederholen der gleichen Information, zunimmt.

Es entsteht nun aber die Frage, ob der Informationsgehalt des erwachsenen Organismus nur durch ererbte Anweisungen repräsentiert wird *oder ob nicht auch während der Embryonalentwicklung erlernte Anweisungen eine Rolle spielen, die allerdings chemisch gesehen und auch nach ihrer Funktion einen anderen Charakter hätten als die eindeutig genetische Information*. Betrachtet man allein die Erbinformation, so gelangt man also zu dem Schluß, daß sich die im erwachsenen Organismus enthaltene Information von der in der Keimzelle vorhandenen Information im wesentlichen nur durch einen Redundanzfaktor unterscheidet. Eliminiert man diese Redundanz, so sind beide Mengen an Information im wesentlichen äquivalent (es existiert ein Isomorphismus, der K in O überführt; vgl. Fall 2 in Abb. 4c). Im anderen Fall (der nur als eine, wenn m. E. auch wahrscheinliche Hypothese diskutiert wurde) existiert ebenfalls eine Transformation, die K in O überführt, diese ist jedoch in Verbindung mit Prozessen der Selbstorganisation, der Informationsvermehrung, während der Ontogenese, allgemeiner (vgl. Fall 1 der Abb. 4c). Die Annahme der Ein-Gen-ein-Enzymhypothese, des Bestehens eines Isomorphismus zwischen Gensystem und Enzymsystem ist unbestritten.

In der Dynamik der Zelle, der Wechselwirkung der Enzymsysteme mit weiteren morphologischen Strukturen des sich entwickelnden Organismus würde jedoch ein Homomorphismus (oder allgemeiner Homomorphismus) hervortreten, der die These der dialektischen Einheit von Präformation und Epigenese weiterhin als gerechtfertigt erscheinen läßt.

In diesem Zusammenhang wird das Problem der Beziehungen zwischen Entropie und Information diskutiert und die Frage aufgeworfen, ob der Begriff der Entropie auf eine Zelle, auf Einzelmoleküle, auf Individuen angewendet werden kann. Es wird weiterhin für die molekulare Organisationsstufe ein Informationspotential postuliert, welches in enger Beziehung mit der Umwelt stehend vom Stoffwechsel ständig erhalten und neu geschaffen wird. Ausgehend von den Auffassungen über die Evolution des Lebens nach DARWIN und OPARIN wird die Vermutung einer „Selektion“ eines „elementaren Darwinismus“ innerhalb der Zelle diskutiert. Es wurde deutlich gemacht, daß es selektive Lernprozesse auf der molekularen Ebene geben kann.

Das Entstehen von wirklich Neuem setzt die objektive Existenz des Zufalls voraus. Zufall ist nicht nur ein Ergebnis der Unkenntnis des an sich doch allein als notwendig angesehenen Geschehens. Es ist wichtig, daß die Trennung zwischen Information und Rauschen überwunden wird; der Zufall ist [454] in seiner dialektischen Einheit mit der Notwendigkeit im objektiv Möglichen zu verstehen.

Durch die dialektische Einheit spezifischer und unspezifischer Wechselwirkungen im Stoffwechselgeschehen entstehen immer neue Möglichkeiten. In Verbindung mit dem Selektionsprinzip ließ sich die Hypothese einer Informationsvermehrung im Lebensvorgang formulieren.

Es konnten nur einige der wesentlichen Fragen aus der hier gestellten Problematik aufgeworfen und der Versuch einer Beantwortung unternommen werden.

Die weitere Entwicklung des wissenschaftlichen Fortschritts hat diese, schon in der ersten Auflage entwickelten Gedanken wohl im Prinzip bestätigt, sie wesentlich präzisiert und auf eine exakte naturwissenschaftliche Grundlage gestellt.

Es ist heute klar, daß auf Grund der molekularen Struktur des Systems mit Schwankungen gerechnet werden muß. Ein makroskopisch-homogenes System ist nicht mehr homogen auf dem molekularen Niveau. Seine Schwankungen führen zu einer Abweichung von der maximalen Entropie. Erst eine verallgemeinerte Thermodynamik, wie sie von PRIGOGINE und

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

GLANSDORFF in den letzten Jahren entwickelt wurde, eine Thermodynamik irreversibler Prozesse, die dem Auftreten räumlich und zeitlich dissipativer Strukturen Rechnung trägt, macht die Interpretation allgemeiner Prinzipien, wie Selektion und Evolution, auf molekularem Niveau möglich. Aufbauend auf diesen Vorstellungen zeigt M. EIGENs Molekulartheorie für Selektion und Selbstorganisation, wie Information in einem sich reproduzierenden Materiesystem entsteht.

Als entscheidende philosophische Schlußfolgerungen aus dieser Entwicklung der Molekularbiologie lassen sich u. a. festhalten:

1. Der schon mit der Entwicklung der Quantenphysik akzeptierte Begriff des objektiven Zufalls wird heute auch von der Biologie angenommen; die experimentellen Daten und theoretischen Überlegungen zwingen zu dem Schluß, daß der objektive Zufall für die Existenz und Entwicklung des Lebens erforderlich ist. Das Verständnis des Zufalls muß insofern jedoch vertieft werden, als der Zufall nicht nur als störendes, sondern auch als konstruktives Element auftritt, indem er die Basis für die Entstehung vielfältiger Formen der Entwicklung liefert.
2. Die Molekularbiologie deckt das Wesen der dialektischen Beziehungen zwischen Struktur (DNS/Information) und Funktion (Protein) auf, indem deutlich wird, daß Information Voraussetzung für das Auftreten der Funktion ist, diese Information jedoch erst durch die realisierte Funktion, für di sie codiert ist, ihre Bedeutung erhält.
   Daß die Strukturen sich weiter zu immer höheren Organisationsformen entwickeln können, hängt ab von den teleonomischen Leistungen des organisierten Eiweiß-Nukleinsäuresystems und von einer gewissen Unschärfe in den Elementarprozessen der nicht vollkommen invarianten Reproduktion. [455]
3. Die Molekularbiologie überwindet die zwischen lebender und unbelebter Natur scheinbar bestehende Kluft. Die Entwicklung vom Molekül zum Mikroorganismus, das Problem der Entstehung des Lebens, läßt sich mit physikalisch-chemischen Methoden erforschen. Es erweist sich als ein Schritt unter vielen Schritten zur wachsenden Komplexität. Da Komplexität nicht additiv ist, bleibt es jedoch ein qualitativer Sprung, auch wenn die Evolution nur schrittweise vorangekommen ist und wenn sie im Reagenzglas nachvollzogen werden könnte.
4. In der Natur läßt sich keine Intension irgendwelcher Art nachweisen. Vieles im lebenden System verläuft informationsgesteuert bzw. nach einem Plan. In der Evolution sprechen wir jedoch von einem System, welches sich erst organisieren muß. Die später realisierte Möglichkeit ist durch die physikalischen Grundgesetze gegeben. Aber daß diese und keine der anderen vielen Möglichkeiten realisiert wurde, ist in keinem Plan vorherbestimmt worden.

Zum Problem des Verhältnisses zwischen Automat und Leben läßt sich zusammenfassend sagen, daß sich durch die Herausarbeitung der gemeinsamen Funktionsprinzipien von Automat und Leben einerseits, wie auch durch die Darstellung der Unterschiede andererseits jeweils neue und interessante Gesichtspunkte für die biologische Forschung ergeben, die jedoch einer weiteren einzelwissenschaftlichen Prüfung bedürfen. Es zeigte sich vor allem, daß sich durch die Anwendung des Begriffssystems der Automatisierungstechnik bestimmte Probleme exakter als zuvor formulieren lassen. Eine exaktere Formulierung des Problems mag oft schon der erste Schritt zu seiner Lösung sein.

Die Phänomene der Organisation und Zielgerichtetheit wie auch die Phänomene der Ganzheit, denen wir in lebenden und in sozialen Systemen begegnen, fallen nicht in den Untersuchungsbereich der klassischen Naturwissenschaften. Die Kybernetik gibt uns nun gedankliche, in einigen Fällen auch materielle Modelle (wie z. B. Homöostat, Perzeptron, Lernmatrix), die es gestatten, solche grundlegenden Eigenschaften lebender und gesellschaftlicher

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Systeme wie eben Ganzheit, Organisation und Zielgerichtetheit darzustellen und wissenschaftlich zu analysieren. Am wichtigsten erscheint also die Tatsache, daß solche allgemeinen Denkmodelle sich mit Problemen auseinandersetzen, die im Rahmen der klassischen Physik kaum oder überhaupt nicht berührt werden. Es handelt sich hierbei jedoch um Probleme, die insbesondere von der deutschen klassischen Philosophie und im Anschluß an diese auf materialistischer und damit wissenschaftlicher Grundlage vom dialektischen Materialismus aufgegriffen und behandelt wurden. In diesem Sinne steht die Kybernetik als spezieller Ausdruck der von LENIN formulierten Tatsache, daß die Naturwissenschaft des 20. Jahrhunderts dabei ist, „den dialektischen Materialismus zu gebären“ (**95**, S. 304), in einem besonderen Verhältnis zur Dialektik. Wie wir jedoch an den verschiedensten Stellen deutlich zu machen suchten, sind die philosophischen Begriffe wie [456] Wechselwirkung, wie innerer Widerspruch, Widerspiegelung u. a. allgemeiner und tiefer und damit auch wiederum konkreter als zumindest die Begriffe, die allein aus dem Studium technischer Systeme gewonnen wurden. *Daher bedarf die Kybernetik der Dialektik wie jede andere Einzelwissenschaft*. Steht sie auch hinsichtlich ihres Allgemeinheitsgrades in einem besonderen Verhältnis zur Philosophie, so ist und bleibt sie doch eine Einzelwissenschaft und kann die Philosophie nicht ersetzen. Kybernetik ist auch keinesfalls der Versuch, alle Erscheinungen der objektiven Realität mit Hilfe *einer* bestimmten Methode zu erklären. Ein solcher Versuch wäre ebenso zum Scheitern verurteilt wie der des Mechanismus. Letzterer hatte sich auf der Grundlage der Vorstellungen der klassischen Physik entwickelt und war bestrebt, das gesamte Geschehen auf die Gesetze der Mechanik zurückzuführen, alle Erscheinungen der objektiven Realität aus der Wechselwirkung elementarer Einheiten zu verstehen, deren Eigenschaften unverändert bleiben, gleichgültig, ob wir sie einzeln oder im Komplex untersuchen. Die Kybernetik ist nur ein Mittel der Erkenntnis relativ allgemeiner, in vielen Erscheinungen, auf verschiedenen Ebenen der objektiven Realität, unabhängig von der konkreten Bewegungsform der Materie auftretender Zusammenhänge. Sie führt hierdurch zur Annäherung der verschiedenen Wissenschaften. Mittels ihres interdisziplinären Denkansatzes gelingt es, einen bestimmten Grundbestand an Erkenntnissen zu gewinnen. Alles, was jedoch an konkreten Einzelheiten darüber hinausgeht, ist Gegenstand der die jeweilige Bewegungsform der Materie speziell untersuchenden Einzelwissenschaften und kann von der Kybernetik nicht mehr untersucht werden. Insbesondere auch diese Tatsache *zwingt den Forscher zum dialektischen Denken bei der Anwendung kybernetischer Denkprinzipien*.

Die allgemeine Erkenntnis der Kybernetik, daß zum Verständnis komplexer Systeme nicht allein die stoffliche und energetische Analyse genügt, sondern die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Organisation, der Informationsspeicherung, -übertragung und -verarbeitung beachtet werden müssen, wurde auch bei der gedanklichen Analyse des Stoffwechselgeschehens der einzelnen Zelle sowie des ontogenetischen Entwicklungsprozesses berücksichtigt. Dies zwang zu entscheidenden Schlußfolgerungen in bezug auf den Determinismus in hochkomplexen Systemen.

Es wurde deutlich, daß wir auch im Bereich des Lebenden gezwungen sind, die mechanistische Determinismuskonzeption aufzugeben und zu einer dialektischen Auffassung von der Determination der Lebenserscheinungen vorzudringen.

Der mehr praktisch orientierte Aspekt der Kybernetik beschäftigt sich mit der Abbildung funktioneller Verhaltensweisen höherer Bewegungsformen der Materie auf niedere. Die Grundfrage dabei ist, ob es wirklich möglich ist, die Bewegung einer hochorganisierten Materie durch eine niederorganisierte Materie nachzuahmen. Wie die Darlegungen zeigten und die kybernetische Wissenschaft in ihrem Fortschritt immer mehr bestätigt, ist es möglich, *scharf umgrenzte* funktionelle Verhaltensweisen der hochorganisierten Materie [457] auf niedere Bewegungsformen der Materie abzubilden, allerdings nur näherungsweise (vgl. auch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

KALMÁR, **68**, S. 389-402). Es ist natürlich möglich, diese Annäherung schrittweise immer weiter zu verbessern. Es besteht jedoch kein Grund, von lebenden oder schöpferisch denkenden Maschinen zu sprechen. Immer wieder wurde hervorgehoben, daß, mit Ausnahme der Regulation durch Massenwirkung, die Regulation des Zellstoffwechsels eng verbunden ist mit der spezifischen Struktur und Aktivität hochspezialisierter Eiweißmoleküle, deren Variabilität herausgestellt wurde. Es ist daher auch wohl begründet, daß die marxistische Definition des Lebens sich auf die spezifische Bewegungsform der Biopolymere, den Stoffwechsel des Protoplasmas mit seiner Umwelt bezieht und als Grundlage des Denkens die höchstorganisierte lebende Materie, das Gehirn, angesehen wird; denn nur sie (bzw. Materie von ähnlicher Spezifität, Dynamik und Organisation) haben die Fähigkeit zum Leben bzw. zum schöpferischen Denken. Lebende Materie ist eine qualitativ sehr hohe Existenzform der Materie, welche in ihrer höchsten Stufe, dem bewußt denkenden und handelnden gesellschaftlichen Lebewesen – dem Menschen –, zur bewußten Umgestaltung der Umwelt und des eigenen Seins führt. Das schöpferische Verhalten des Menschen beginnt dort, wo er sich nicht mit den gegebenen Verhältnissen abfindet, sich nicht an diese anpaßt, sondern über ihre Verbesserung nachdenkt und sie aktiv verändert. Prinzipiell ist es nicht ausgeschlossen, daß es dem Menschen gelingt, lebende oder sogar denkende Materie herzustellen. Sollte dies gelingen, so wird jedoch nicht mehr eine Maschine mit einem Lebewesen verglichen, sondern zwei Lebewesen miteinander. Die Maschine bzw. der technische Automat ist mit einer niederen Bewegungsform der Materie verknüpft, in der durch den Menschen Funktionsprinzipien verwirklicht wurden, welche zuvor nur im Zusammenhang mit Lebewesen beobachtet werden konnten, sie ist die Vergegenständlichung menschlicher Wesenskräfte. MARX schreibt: „Die Natur baut keine Maschinen, keine Lokomotiven, Eisenbahnen, electric telegraphs [elektrischen Telegraphen], selfacting mules [automatische Maulesel] etc. Sie sind Produkte der menschlichen Industrie; natürliches Material, verwandelt in Organe des menschlichen Willens über die Natur oder seiner Betätigung in der Natur. Sie sind von der menschlichen Hand geschaffene Organe des menschlichen Hirns; vergegenständlichte Wissenschaft. Die Entwicklung des capital fixe zeigt an, bis zu welchem Grad das allgemeine gesellschaftliche Wissen, knowledge [Kenntnisse], zur unmittelbaren Produktivkraft geworden ist und daher die Bedingungen des gesellschaftlichen Lebensprozesses selbst unter die Kontrolle des general intellect [allgemeinen Verstandes] gekommen und ihm gemäß umgeschaffen sind. Bis zu welchem Grade die gesellschaftlichen Produktivkräfte produziert sind, nicht nur in der Form des Wissens, sondern als unmittelbare Organe der gesellschaftlichen Praxis, des realen Lebensprozesses.“ (**103**, S. 594.)

Im Menschen haben wir also nicht den Automaten, sondern im Automaten die Vergegenständlichung menschlicher Wesenskräfte zu sehen. Verstehen wir den Automaten als Werkzeug, als Geisteswerkzeug, sprechen wir von Vergegenständlichung menschlicher Wesenskräfte, von der Über-[458]tragung der geistigen Tätigkeit des Menschen in ein System maschineller Prozesse, so wird damit der Automat nicht zum Subjekt dieser Tätigkeit – Subjekt der Tätigkeit bleibt der Mensch.

Der Automat führt nur Operationen (vergegenständlichte bzw. objektivierte menschliche Tätigkeit) aus, er besitzt keine subjektiven Motive, er weiß nicht, was er ausführt bzw. das, was er realisiert, hat für ihn keinen Sinn – er hat kein Bewußtsein.

Für eine wissenschaftlich begründete Automatisierungskonzeption sind daher folgende Feststellungen wichtig:

1. Gegenstand der Automatisierung sind allein die formalisierbaren menschlichen Operationen.
   Die Objektivierbarkeit menschlicher Tätigkeit ist eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingung für ihre Formalisierbarkeit.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Jeder Automatisierungsakt bedeutet die dialektische Einheit von Ersetzung und Neusetzung menschlicher Tätigkeiten.

2. Gegenstand der Automatisierung von *Informationsprozessen* ist allein die Verarbeitung von syntaktischen Informationen. Heutige Automaten (Informationstransformatoren) sind allein zur Strukturverarbeitung befähigt. Daraus folgt:
   Die isomorphe Abbildung semantischer Informationsverarbeitungsprozesse auf syntaktische ist auf Grund der Dynamik und Variabilität der menschlichen (semantischen) Informationsverarbeitungsprozesse nicht möglich.
   Der menschliche Problembearbeitungs- und Problemlösungsprozeß ist zumindest mit den heutigen Automaten, nicht durchgängig automatisierbar (vgl. FUCHS-KITTOWSKI, KAISER, TSCHIRSCHWITZ und WENZLAFF, **41 f.**).

Gibt es nun eine angebbare Grenze für die Abbildung funktioneller Verhaltensweisen lebender Organismen und menschlicher Leistungen durch komplizierte Automatismen? Die Antwort scheint einfach, da doch gesagt wurde, daß es nicht möglich ist, lebende und denkende Maschinen zu bauen, daß sich die Funktionen des Gehirns, wie alle funktionellen Verhaltensweisen des Lebenden, in ihrer einheitlichen Dynamik durch eine in ihrer Grundstruktur statische, starre Maschine nur bis zu gewissen Grenzen abbilden lassen. Es gibt aber in der Tat keine absoluten Grenzen. Dem Automaten können nur Operationen übertragen werden, die sich aus der subjektiven gedanklichen Tätigkeit des Menschen heraus vergegenständlicht haben. Dieser Prozeß der Umformung geistiger, psychischer Tätigkeit des Menschen in ein System von Operationen, die von einem Automaten ausgeführt werden können, vollzieht sich jedoch ständig und unendlich. Was heute eine neue Erkenntnis, eine schöpferische Leistung darstellt, ist schon morgen eine Operation, die einer Maschine übertragen werden kann; ein heute dem Auto-[459]maten noch nicht zugänglicher Prozeß ist morgen formalisiert und damit auf ihn übertragbar. Zugleich entstehen jedoch auch immer neue Anforderungen an das schöpferische Denken des Menschen. Dies verlangt aktiv und bewußt vollzogene geistige Prozesse, die sich ihrerseits dahingehend entwickeln, daß der Grad der schöpferischen Aktivität, das Niveau der Denktätigkeit und der Bewußtheit des erkennenden Subjekts sich ständig quantitativ und qualitativ erhöht. Das setzt nun voraus, daß die wesentlichen Vorgänge, in denen der Mensch Informationen aufnimmt und verarbeitet (Empfindung, Wahrnehmung, Vorstellung und Denken), die gewöhnlich unter dem Begriff der Erkenntnisprozesse zusammengefaßt werden, selbst der bewußten Widerspiegelung unterliegen. In Analogie zur Hierarchie von Theorien (Theorie, Meta-Theorie, Meta-Meta-Theorie, ...) ließe sich nun eine Hierarchie von Erkenntnisprozessen aufstellen. Erkenntnisprozesse 1. Stufe wären solche, bei denen lediglich Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der Umwelt des erkennenden Subjekts widergespiegelt würden. Erkenntnisprozesse 2. Stufe dagegen wären solche, bei denen im Bewußtsein des erkennenden Subjekts außer den Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der Umwelt auch Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten von Erkenntnisprozessen der 1. Stufe erfaßt werden usw.

Elementaren Erkennungsprozessen 1. Stufe begegneten wir offensichtlich schon auf molekularem Niveau, Prozesse der Interpretation können ebenfalls von den Einrichtungen der maschinellen Informationsverarbeitung realisiert werden. Die Fähigkeit zur schöpferischen Verbesserung der eigenen Erkenntnisfunktion wird auf dieser Stufe schon deshalb nicht zu erwarten sein, da diese hier noch nicht der Widerspiegelung unterliegt. Erkenntnisprozesse, die schöpferisch, aktiv und somit bewußt vollzogen werden, müssen daher von mindestens 2. Stufe sein.

Wir kennen heute bereits technische Nachbildungen hochkomplexer menschlicher Leistungen. wie z. B. der Wahrnehmung (Zeichen- und Mustererkennung), der Begriffsbildung (Vorgang der Invariantenbildung) oder auch von heuristischen Techniken des Menschen (Problemlösung). Führen künftige Automaten auch geistige Tätigkeiten n-ter Stufe aus, so

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

müssen solche technischen Nachbildungen erst einmal entworfen werden. Ihr Entwurf, die Vergegenständlichung dieser geistigen Tätigkeit, erfordert aber einen Erkenntnisprozeß von mindestens (n + 1)-ter Stufe. Also auch eine positive Antwort auf die Frage, ob der Mensch dem Automaten beliebige Denkprozesse übertragen kann, wird nicht die besondere Rolle des Menschen in diesem Erkenntnisprozeß beeinträchtigen. Das Verhältnis des Menschen zum Automaten wird immer das Verhältnis zwischen dem Subjekt der Arbeit und dem Arbeitsinstrument sein (**7a**).

Will man zu einer Antwort auf die gestellte Frage kommen, so gilt es, einerseits den ständigen Prozeß der Umformung der geistigen Tätigkeit des Menschen in ein System durch Automaten ausführbarer Operationen und andererseits die ständige Veränderung und Entwicklung der geistigen Tätigkeit des Menschen auf ein immer höheres Niveau zu beachten. Da der Begriff [460] des vom Menschen jemals konstruierbaren Systems nicht genau festlegbar ist, wird man diesbezüglich auch keine abschließende Antwort geben können. Eine exakte Antwort ist jedoch möglich, wenn man sie auf heute konstruierte Maschinen bezieht, da sich ihr Begriff als exakt definierbar erweist.

Es muß hervorgehoben werden, daß im Vorangegangenen der Begriff der Maschine bzw. des Automaten immer in einem genau festgelegten Sinne benutzt wurde, als in seinem funktionellen Verhalten bestimmten mathematisch-logischen Operationen isomorph.

Bei der vorgenommenen Gegenüberstellung von Automat und Leben, technischer Regelung und Regulationsgeschehen im lebenden Organismus, war immer eine feste Maschine vorgegeben, verbunden mit der richtigen Aussage, daß sie nicht leben und nicht denken kann, daß sie nicht zur Informationsvermehrung befähigt ist. Der Schluß aus diesen Prämissen muß sein, daß es Unterschiede zwischen den Funktionen einer solchen Maschine und denen des Gehirns bzw. den funktionellen Verhaltensweisen der Lebewesen im allgemeinen gibt.

In der weiteren strukturellen Entwicklung technisch-kybernetischer Systeme werden diese wahrscheinlich immer „biologischer“. So führt z. B. die technische Entwicklung zu immer kleineren Dimensionen; auch wird man versuchen, biologische Bauelemente einzuführen. Ihre Struktur wird möglicherweise immer mehr an den Aufbau des Gehirns erinnern. Die Ähnlichkeit wird zweifellos mit der Weiterentwicklung der Technik zunehmen, denn es wäre agnostizistisch, wollten wir behaupten, daß man die Unterschiede im funktionellen Verhalten nicht erkennen könne. Auf Grund unserer Erkenntnis können wir entsprechende Veränderungen am technischen Automaten vornehmen. In der Tat werden, sobald man das Verhalten des technisch-kybernetischen Systems untersucht, Teilunterschiede offenbar, die eingeschränkt werden können. Der erkannte funktionelle Unterschied zum Verhalten der Lebewesen wird überwunden, doch wird das verbesserte technisch-kybernetische System wieder funktionelle Unterschiede zeigen und so fort, denn die lebende Struktur, insbesondere die Eiweißkörper sind in ihrem funktionellen Verhalten noch um vieles variabler. Es muß weiterhin berücksichtigt werden, daß sich mit dem weiteren technischen Fortschritt wahrscheinlich auch die spezifischen Besonderheiten der Maschine entwickeln werden. Wahrscheinlich werden daher die Maschine und der lebende Organismus immer unterschiedlich sein bzw. in einem Verhältnis von Einheit und Unterschied stehen. Es werden sich wahrscheinlich selbst die künstlichen lebenden Organismen, die der Mensch in Zukunft sicher schaffen wird, in vielem von den natürlichen Lebewesen unterscheiden. Der technische Automat (Informationstransformator) wird zur Verminderung des Unterschiedes zwischen Leben und Automaten nur theoretisch (rechnerisch) beitragen, als ein leistungsfähiges Instrument in der Hand des Menschen zur Erkenntnis der Gesetze der objektiven Realität. Die Verbesserung bestehender biochemischer „Automaten“ (Teilhomunkuli) ist bereits abzusehen und hat schon jetzt einen Stand erreicht, bei dem (in vitro) mit vorgegebenen Programmen Syn-[461]thesen von Virusbausteinen und Replikation von Programmen selbst möglich sind.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

„Leben aus der Retorte“ ist daher in greifbare Nähe gerückt. Dann vergleichen wir jedoch nicht mehr technische Automaten mit Lebewesen, sondern künstlich erzeugte Lebewesen mit natürlichen.

In der engen Verbindung mit der Physik, Chemie, Kybernetik und Mathematik wird die Biologie in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer der wichtigsten Wissenschaften. Unsere Kenntnis von der objektiven Realität wird niemals endgültig sein, doch gelangen wir zu grundlegenden relativen Wahrheiten. Dies wird schon durch die Tatsache bewiesen, daß der Mensch innerhalb einer biologisch äußerst kurzen Zeit von einem den Naturgewalten wehrlos ausgelieferten Wesen zum Beherrscher der Erde geworden ist und heute nach den Sternen greift. Aber, wie ENGELS hervorhob: „Erst eine bewußte Organisation der gesellschaftlichen Produktion, in der planmäßig produziert und verteilt wird, kann die Menschen ebenso in gesellschaftlicher Beziehung aus der übrigen Tierwelt herausheben, wie dies die Produktion überhaupt für die Menschen in spezifischer Beziehung getan hat. Die geschichtliche Entwicklung macht eine solche Organisation täglich unumgänglicher, aber auch täglich möglicher.“ (**35**, S. 23-24.)

Erst die bewußte Organisation der Produktion auf der Grundlage des gesellschaftlichen Eigentums an den Produktionsmitteln ermöglicht die Menschwerdung des Menschen. Wir sind von der Arbeiterklasse, der Trägerin des gesellschaftlichen Fortschritts in unserer Zeit, gerufen, an der Neuordnung der menschlichen Gesellschaft mitzuarbeiten, um durch die Wirksamkeit unserer Wissenschaft die Welt nicht nur zu interpretieren, sondern umzugestalten.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

## Literatur


**1**. ADAM, A.: Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft. Würzburg 1959.
**2**. AFANASJEW, W. G.: Über BERTALANFFYS „organismische Konzeption“. DZPh. 1962, H. 8.
**2a** ALEXANDER, H.: In: Macromolecular Specificity and Biological Memory. Cambridge/Mass. 1962, S. 27 f.
**2b**. AMÉRY, J., und I. PRIGOGINE: Die tragische Philosophie JACQUES MONODs. In: Sinn und Form, 1972, 2. Heft, S. 425-431.
**2c**. AGRANOFF, B. W.: Scientific American, Juni 1967.
**3**. ANOCHIN, P. K.: Physiologie und Kybernetik. In: Kybernetik und Praxis. Neue Beiträge. Berlin 1963.
**3a**. APTER, M. J.: Cybernetics and Development. Oxford, London, Edinburgh, New York, Toronto, Paris, Frankfurt 1966.
**4**. ASHBY, W.: Design for a brain. The origin of adaptive behaviour. London 1960.
**5**. – An introduction to cybernetics. London 1961.
**6**. BÄR, D.: Einführung in die Schaltalgebra. Automatisierungstechnik 1965, H. 25.
– und G. PAULIN: Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung. Rechentechnik 1965, H. 4.
**7a**. BÄR, D.: Entscheidbarkeit und Erkennbarkeit. Unveröffentlicht.
**7b**. BALTIMORE, D.: Nature **226**, 1209 (1970).
**8**. BARGMANN, W.: Vom Bau und Werden des Organismus. Hamburg 1957.
**9**. BEER, S.: Kybernetik und Management. Hamburg 1959.
**10**. BEIER, W.: Biophysik 3. Aufl. Leipzig 1968.
**11**. – Die Bedeutung der Kybernetik und Informationstheorie für die Biophysik. Physikalische Grundlagen der Medizin, Abhandlungen aus der Biophysik 1965, H. 4/5.
**11a**. – Biophysikalische Aspekte zur Modelltheorie. Die integrative Tätigkeit des Gehirns. Wiss. Zschr. d. Karl-Marx-Universität Leipzig, Math.-Nat. Reihe, XVI, H. 3/1967.
**11b**. BELLMANN, K., R. BÖTTNER, A. KNIJNENBURG und H. NEUMANN: Computer Simulation Models of Genexpression. Proceedings of the 27. FEBS Advanced Course about Models of Metabolic Regulation. Dobogokö 1974 (im Druck).
**11c** – R. LINDIGKEIT und R. SCHULZ: A Computer Simulation Model for Analysis of Conformation of Nuclear Chromatin and of the Transcription Process. Biosystems 5/2 (1975) (im Druck).
**12**. BERNHARDT, D.: Zum Charakter der Gesetze im Organischen. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1963, Math.-nat. Reihe, II. 3.
**12a** BERSIN, TH.: Kurzes Lehrbuch der Enzymologie. Leipzig 1951, S. 47.
**13**. BERTALANFFY, L. VON: Vom Molekül zur Organismenwelt. Potsdam 1949.
**14**. – Biophysik des Fließgleichgewichtes. Braunschweig 1953.
**15**. – Allgemeine Systemtheorie. Deutsche Universitätszeitung Göttingen 12, 1957, H. 5/6.
**15a**. BIELKA, H. (Herausgeber): Molekulare Biologie der Zelle. Jena 1969.
**16**. BÖHME, H.: Zu einigen Problemen des Determinismus in der modernen Genetik. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1963, Math.-nat. Reihe, H. 3, 445-448.
**16a**. BÖHME, H., und B. ADLER: „Reparatur von DNS-Schäden“; WiFo **20** (1970) 3, S. 98.
**16b**. – Phenotypic characterization of UV-sensitive mutants of Proteus mirabites. In: G. E. W. WOLSTENHOLME and M. O’CONNOR (Herausgeber): Mutation as cellular process. London 1969, S. 206-209.
**16c**. BÖNISCH, S.: Ordnung als philosophisches Problem. Diss. Humboldt-Universität Berlin, 1965. Unveröffentlicht.
**17**. BOHR, N.: Licht und Leben, in: Die Naturwissenschaften, 21/1933.
**17a**. – Atomic Physics and Human Knowledge. N. Y. 1958.
**18**. BONNER, D. M.: Heredity. Foundation of modern biology. New Jersey 1961.
**18a**. BÖTTNER, R.: Mathematisch-kybernetische Modellierung der Regulation der Genexpression. Dissertation, Berlin 1976.
**19**. BORN, M.: Physik im Wandel meiner Zeit. Braunschweig 1958.
**19a**. BREMERMANN, H. J.: On the Dynamics and Trajectories of Evolution Processes. Wien/Heidelberg/New York 1972. Zum Problem der biologischen Evolution als Optimierungsprozeß vgl. auch BREMERMANN, H. J.: Optimization through Evolution and Recombination, in: Self-Organizing Systems 1962, Wash. DC 1962.
**19b**. – Quantum Noise and Information. In: Proceedings of the 5. Berkeley Symposium of Mathematical Statistics and Probability. University of California Press.
**19c**. BRAINES, S. N., A. W. NAPALKOW und W. B. SWETSCHINSKI: Neuro-Kybernetik. Berlin 1964.
**20**. BRILLOUIN, L.: Science and Information Theory. New York 1956.
**20a**. BURNET, M.: The Clonal Selection Theory of Acquired Immunity. Nashville, Vanderbild University Press 1959.
**20b**. CAIRNS, J., G. S. STENT und J. D. WATSON Phagen und die Entwicklung der Molekularbiologie. Berlin 1972.


OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**21**. CHANCE, B.: General Discussion. CIBA Foundation Symposium on the Regulation of Cell Metabolism. London 1959.
**21a**. – J. Biol. Chem. **235** (1960), 2440.
**21b**. – D. GAREINKEL, J. HIGGINS and B. HESS: J. biol. Chem. **235** (1960), 2426.
**22**. – Control characteristics of enzyme systems, in Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, Vol. **26**, New York 1961.
**22a**. CHARGRAEF, E., and J. N. DAVIDSON: The nucleic acid. New York 1955.
**22b**. CHURCHMAN, C. W., R. L. ACKOFF and E. L. ARNOFE: Operations Research. Berlin 1966.
**22c**. ČÍŽEK, F., und D. HODANOVÁ: Evolution als Selbstregulation. Jena 1971.
**23**. COMMONER, B.: Roles of desoxyribonucleic acid in inheritance. Nature **202**, 960-968 (1964).
**23a**. – Desoxyribonucleic acid and the molecular basis of self-duplication. Nature **203**, 486-491 (1964).
**23b**. DANCOFF, S. M., und H. QUASTLER: The Information Content and Error Rate of Living Things. In: Information Theory in Biology. Urbana 1953, S. 263-273.
**23c**. DAVIS, R. W., and R. W. HYMAN: A Study in Evolution: the DNA Base Sequence Homology between Coliphages T 7 and T 3. J. Mol. Biol. 62, 287 (1971).
**24**. DEAN, A. C. R., and C. HINSHELWOOD: Automatic adjustment mechanisms in bacterial cells. CIBA Foundation Symposium on the Regulation of Cell Metabolism. London 1959.
**25**. DELBRÜCK, M.: Das Begriffsschema der Molekular Genetik In: Nova Acta Leopoldina N. F. Nr. **165**, 1963, Biochemische und klinische Probleme der Molekular. Genetik.
**26**. DRIESCH, H.: Der Mensch und die Umwelt. Leipzig 1928.
**27**. DRISCHEL, H.: Bausteine einer dynamischen Theorie der vegetativen Regulation. Eine Anwendung der Theorie der selbsttätigen Regelung auf organische Regulationssysteme. Wiss. Z. Univ. Greifwald 1952/53, Math.-nat. Reihe, H. 2, S. 99-161.
**28**. – Die Bedeutung des kybernetischen Modells des „Regelkreises“ für die Biologie. Biologie in der Schule 1963, H. 2.
**28a**. – Einführung in die Biokybernetik. Berlin, 1972.
**28b**. – Regelungsvorgänge in lebenden Wesen. München 1961.
**28c**. – Kybernetik und Biologie. Wiss. Zschr. der Karl-Marx-Universität Leipzig, Math.-Nat. Reihe, Heft 5, Jg. **9**, 1959/60.
**29**. DUBININ, N. P.: Molekulargenetik. Jena 1965.
**30**. DU BOIS-REYMOND, E.: Über die Grenzen des Naturerkennens Reden, 1. Folge. Leipzig 1886.
**30a**. EHRLICH, P.: Proc. Roy. Soc. (London), Ser. B **66** (1900), 424.
**30b**. EIGEN, M.: Diskussionsbemerkungen bei der „Round-Table-Diskussion über Modell und Erkenntnis“, in: Biologische Modelle, Nova Acta Leopoldina Nr. 184, Bd. **33**.
**30c**. – Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules Naturwissenschaften Heft 10/1971.
**30d**. – Vorwort zur deutschen Ausgabe von MONOD, J.: Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. München 1971.
**30e**. – and DE MAEYER, L.: Chemical Means of Information Storage and Readout in Biological Systems. Naturwissenschaften **3** (1966), 50.
**31**. ELSASSER, W.: The Physical Foundation of Biology. Oxford 1958.
**31a**. – Atom and Organism a new approach to theoretical biology. Princeton University Press 1966.
**31b**. – The physical foundation of biology. An analytical study. London, New York, Paris, Los Angeles 1958.
**32**. – Quanta and the concept of organismic law. J. theoret. Biol. **1**, 27-58 (1961).
**33**. – Physical aspects of non-mechanistic biological theory. J. theoret. Biol. **3**, 164-191 (1962).
**34**. ENGELS, F.: Herrn EUGEN DÜHRINGS Umwälzung der Wissenschaft (Anti-Dühring). Berlin 1948.
**35**. – Dialektik der Natur. Berlin 1952.
**35a**. – LUDWIG FEUERBACH und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. Berlin 1946.
**35b**. ERISMANN, TH. H.: Grundprobleme der Kybernetik – Zwischen Technik und Psychologie. Berlin 1972.
**35c**. FELDTKELLER, R., und E. ZWICKER: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. Stuttgart 1956.
**35d**. FJERDINGSTAD, E. J. (Editor): Chemical Transfer of Learned Information. Amsterdam, London 1971.
**35e**. FLEXNER, J. B., L. B. FLEXNER, R. B. ROBERTS: Science **155** (1967).
**36**. FOCK, W. A.: Über die Interpretation der Quantenphysik. In: Philosophische Probleme der modernen Naturwissenschaften. Berlin 1962.
**37**. FRANK, G. M., und W. A. ENGELHARDT: Über die Rolle der Physik und Chemie bei der Erforschung biologischer Prozesse. In: Philosophische Probleme der modernen Naturwissenschaften. Berlin 1962.
**38**. FREIFELDER, D., and P. F. DAVIDSON: Physicochemical studios on the reaction between formaldehyde and DNA. Biophys. J. **3**, 49-63 (1963).
**38a**. FROLOW, I. T.: Determinismus und Teleologie. In: Philosophie und Gesellschaft 1958, S. 511.
**39**. FUCHS, K.: Moderne Physik und marxistisch-leninistische Philosophie. DZPh., Sonderheft 1965.
**39a**. – Über die Kategorie der Möglichkeit und die Entwicklungsstufen der Materie. DZPh Heft 4, 1972.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**40**. FUCHS-KITTOWSKI, K.: Bemerkungen zu philosophischen Problemen biologischer Regelung. In: Natur und Erkenntnis. Berlin 1964.
**41**. – Kybernetik in der molekularen Biologie. Zum Determinismusproblem und den Beziehungen zwischen technischem Automaten und lebendem Organismus. DZPh. 1965, H. 3.
**41a**. – Grundlinien zu einer allgemeinen System-(Modell-) und Organisationstheorie, in: Weltanschauung und Methode, Berlin 1969.
**41b**. – und K. GÜNTHER: Probabilistische Gesetzmäßigkeit, Selbstorganisation und Evolution. III. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie. Berlin 1974.
**41c**. – und J. G. REICH: Zur Darstellung von Regulationsprozessen des Zellstoffwechsels auf elektronischen Rechenautomaten. Rechentechnik Datenverarbeitung 1. Beiheft 1970.
**41d**. –, B. WENZLAFF und R. TSCHIRSCHWITZ: Zu Problemen der Gestaltung von automatisierten Informationsverarbeitungssystemen (AIVS). Als Manuskript vervielfältigt von der Kammer der Technik, Berlin 1971.
**41e**. – R. TSCHIRSCHWITZ und B. WENZLAFF: Mensch und Automatisierung. In: Proceedings of the XVth World Congress of Philosophy 17th to 22nd September 1973, Varna (Bulgaria), Bd. 1. Sofia 1973.
**41f**. – H. KAISER, R. TSCHIRSCHWITZ und B. WENZLAFF: Automatisierung und Informatik. Bd. 1. Berlin 1976.
**41g**. – B. WENZLAFF und R. TSCHIRSCHWITZ: Mensch und Automatisierung – methodologische Probleme auf dem Wege zur dynamisch automatisierten Informationsverarbeitung. DZPh. Sonderheft, 1973.
**41h**. – S. ROSENTHAL and G. SCHLUTOW: Methods to Select Problems in Medicine. In: Systems Aspects of Health Planning, Proceedings of the NASA Conference, New York 1975.
**41i**. – und H. A. ROSENTHAL: Selbstorganisation und Evolution. In: Wissenschaft und Fortschritt, Heft 7, 1972.
**41k**. – S. M. RAPOPORT, H. A. ROSENTHAL und G. WINTGEN: Zur Dialektik von Notwendigkeit und Zufall in der Molekularbiologie, in DZPh. 1972, H. 4.
**42**. FUCHS-KITTOWSKI, M., und R.. LÖTHER: Zum Verhältnis von geistiger, wissenschaftlich-theoretischer und praktischer Tätigkeit. DZPh. 1962, H. 9, 5. 1180.
**43**. GAMOW, G., and M. YČAS: The cryptographic approach to the problem of protein synthesis. Symposium on Information Theory in Biology. London, New York, Paris, Los Angeles 1958.
**43a**. GARFINKEL, D., and B. HESS: J. Biol. Chem. **239** (1964) 971-983.
**43b**. GEISSLER, E.: Desoxyribonukleinsäure – Schlüssel des Lebens. Berlin 1970.
**44**. GITTIN, D.: Basic mechanisms of antibody synthesis. In: Macromolecular Specificity and Biological Memory, ed. by FRANCIS O. SCHMITT. Cambridge/Mass. 1962.
**44a**. GLANSDORFF, P., and I. PRIGOGINE: Thermodynamic theory of Structure, Stability and Fluctuations. London 1971.
**44b**. GLESERMAN, G. J.: LENIN und die Probleme der wissenschaftlichen Voraussicht. Sowjetwissenschaften, Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge, Heft 3/4, 1970, 5. 394 ff.
**44c**. GLUSCHKOW, W. M.: Theorie der abstrakten Automaten. Math. Forschungsberichte, H. 19, Berlin 1963.
**44d**. GOODWIN, B. C.: The temporal organization in cells. Academic Press, London and New York 1963.
**44e**. – An entrainment model of timed enzym synthesis in bacteria. Nature **209** (1966) 479-481.
**45**. GÖSSLER, K.: Vom Wesen des Lebens. Berlin 1964.
**46**. GRUMMT, F., und H. BIELKA: Neue Ergebnisse der Molekularbiologie. Wissenschaft und Fortschritt 1965, H. 9.
**46a**. – Philosophische Aspekte der Mutagenese. WiFo **18** (1968) 10, 8. 462.
**46b**. HAAS, J.: MONODS Zufall und Notwendigkeit. Stimmen der Zeit, Heft 1/1972.
**46c**. HAGER, K.: Die entwickelte sozialistische Gesellschaft. Berlin 1971.
**46d**. HASSENSTEIN, B.: Biologische Kybernetik. Jena 1972.
**47**. HEINE, H.: Gesammelte Werke, Bd. 3. Berlin 1951.
**47a**. HEINRICH, R. , and T. A. RAPOPORT: A Linear Steady-State Treatment of Enzymatic Chains. In: Eur. J. Biochem. **40**, 85-95 (1972) und **42**, 97-105 (1974).
**48**. HEISENBERG, W.: Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie. Leipzig 1930.
**49**.– Das Naturbild der heutigen Physik. Hamburg 1955.
**50**.– Physik und Philosophie. Berlin 1959.
**51**.– Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft. Stuttgart 1959.
**52**.– Die Abstraktion in der modernen Wissenschaft. Wissenschaft und Fortschritt 1964, H. 3.
**53**. HERAKLIT in W. CAPELLE: Die Vorsokratiker. Berlin 1958.
**53a**. HERMANN, M.: Compartmental analysis in kinetics, in: Computer in Biomedical Research. New York 1965.
**53b**. HESS, B.: Dtsch. med. Wschr. **88** (1963), 668.
**53c**. – und B. CHANCE: Naturwissenschaft **46** (1969), 248.
**53d**. HILSCHMANN, N.: Die molekularen Grundlagen der Antikörperbildung. Naturwissenschaften **56** (1969), 196.
**54**. HINSHELWOOD, C. N.: The chemical kinetics of bacterial cell. Oxford 1946.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**55**. HOFF, F.: Steuerungseinrichtungen des Organismus. In: Gesundheit und Krankheit. Leipzig 1943.
**56**. HOLST, E. VON: Biologische Regelung. Eine kritische Betrachtung. In: Regelungsvorgänge in lebenden Wesen. München 1961.
**57**. HÖRZ, H.: Über die Widerspiegelung der Bewegung der Elementarobjekte im Denken. In: Naturwissenschaft und Philosophie. Berlin 1960.
**58**. – Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft. Berlin 1962.
**59**. – Zum Verhältnis von Kausalität und Determinismus. DZPh. 1963, H. 2.
**59a**.– Materie – Struktur/Dialektischer Materialismus und Elementarteilchenphysik. Berlin 1971.
**59b**. – Zu den Beziehungen zwischen Philosophie und Naturwissenschaft. In: Blick ins nächste Jahrzehnt, Leipzig, Jena, Berlin 1968.
**59c**. – Die Entwicklung der Auffassungen von W. HEISENBERG zur objektiven Realität. In: Naturwissenschaft, Tradition, Fortschritt. Berlin 1963.
**59d**. – DZPh. 8 (1960), 1491 ff.
**60**. HYDIN, H. A.: A molecular basis of neuro-glia interaction. In: Macromolecular Specificity and Biological Memory, cd. by FRANCIS O. SCHMITT. Cambridge/Mass. 1962.
**61**. INGRAM, M.: The precision of the genetic control over the synthesis of protein hemoglobin. In: Macromolecular Specificity and Biological Memory, ed. by FRANCIS O. SCHMITT. Cambridge/Mass. 1962.
**62**. IVERS, V. N., and W. SZYBALSKI: A molecular mechanism of mitomycin action: linking of complementary DNA strands. Proc. nat. Acad. Sei. USA **50** (1963), 355.
**62a**. JACOB, F., and J. MONOD: J. Molec. Biol. **3** (1961), 318.
**62b**. – Die Logik des Lebenden. Von der Urzeugung zum genetischen Code. Frankfurt/M. 1972.
**63**. – – On the regulation of gene activity. In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. Vol. **26**. New York 1961.
**63a**. JACOBASCH, G.: Regulation des glykolytischen Stoffwechsels in roten Blutzellen (Dissertation). Berlin 1971.
**63b**. JERNE, N. K.: Proc. Nat. Acad. Sci. USA **41** (1955), 849.
**63c**. JENIC, F.: Electronic Neuron Models as an aid of Neurophysiological Research. In: Ergebn. Biol. **25** (1962), 206-208.
**63d**. JOHN, E. R.: Mechanisms of Memory. Academic Press 1967.
**64**. JORDAN, P.: Forschung macht Geschichte. Frankfurt a. M. 1954.
**65**. – Das Bild der modernen Physik. Berlin 1958.
66. – Wie sieht die Welt von morgen aus? München 1958.
**66a**. – Der gescheiterte Aufstand. Betrachtungen zur Gegenwart. Frankfurt a. M. 1957.
**67**. JUNG, F.: Das Reglerprinzip von WAGNER als kybernetischer Vitalismus. In: Arzt und Philosophie. Berlin 1961.
**68**. KALMÁR, L.: Einige philosophische Probleme der Kybernetik. In: Naturwissenschaft und Philosophie. Berlin 1960.
**69**. KAMARYT, J.: Die Bedeutung der Theorie des offenen Systems in der gegenwärtigen Biologie. DZPh. 1961, H. 10.
**70**. – Die Dialektik der Natur und das Problem der organischen Zweckmäßigkeit. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1963, Math.-nat. Reihe, H. 3.
**71**. KÄMMERER, W.: Ziffern-Rechenautomaten. Berlin 1963.
**72**. KANT, I.: Kritik der Urteilskraft, Leipzig 1956.
**72a**. KARLSTRÖM, H.: Enzymatische Adaptation bei Mikroorganismen. In: Ergebnisse der Enzymforschung, Bd. 7, Leipzig 1938, S. 360-376.
**72b**. KARPINSKAJA, R. S.: Philosophie und Molekularbiologie. Berlin 1974.
**72c**. KEIDEL, W.: Grenzen der Übertragbarkeit der Regellehre auf biologische Probleme. Naturwiss. **48** (1961), 264-276.
**73**. KLAUS, G.: Einführung in die formale Logik. Berlin 1958.
**74**. – Jesuiten, Gott, Materie. Berlin 1958.
**75**. – Das Verhältnis von Kausalität und Teleologie in kybernetischer Sicht. DZPh. 1960, H. 10.
**76**. – Kybernetik in philosophischer Sicht. Berlin 1961.
**77**. – Bemerkungen des Herausgebers. In: ROWENSKI, UJOMOW, UJOMOWA: Maschine und Gedanke. 1962.
**78**. – Für und wider die Kybernetik. DZPh. 1962, H. 5.
**79**. – und R. THIEL: Über die Existenz kybernetischer Systeme in der Gesellschaft. DZPh. 1962, H. 1.
**79a**. KLIX, F.: Information und Verhalten (Kybernetische Aspekte der organismischen Informationsverarbeitung – Einführung in naturwissenschaftliche Grundlagen der Allgemeinen Psychologie) Berlin 1971.
**80**. – Über einige Beziehungen zwischen Kybernetik und Psychologie. Probleme und Ergebnisse der Psychologie. H. 6. Berlin 1962.
**80a**. – Kybernetische Analyse geistiger Prozesse. Berlin 1968.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**80b**. KLOHR, O., und H. TREBS: Beiträge zur Deutung von T. DE CHARDIN. Der Mensch im Kosmos. Berlin 1959.
**80c**. KNORRE, W. A.: Oszillationen in biologischen Systemen und die Möglichkeit ihrer Beschreibung durch die „talandische“ Temperatur nach GOODWIN. Studia biophysica, Suppl. **1** (1966), 33.
**80d**. – und F. BERGTER: Gedämpfte Oszillationen in der Synthese-Geschwindigkeit von $\beta$-Galaktosidase. Studia biophysica, Suppl. 1 (1966), 139.
**80e**. – Mathematische Modelle der Enzymsynthese in Bakterien. Studia biophysica **14** (1969), 29.
**80f**. – Analogcomputer in Biologie und Medizin. Einführung in die dynamische Analyse biologischer Systeme. Jena 1971.
**80g**. KNIJNENBURG, A.: Algorithmisches Simulationsmodell der RNS-Bakteriophagen-Vermehrung. Dissertation, Berlin 1974.
**80h**. – U. KREISCHER: A new Aspekt of the RNA-Bacteriophagn Translation control mechanism. Biosystems 1975 (im Druck).
**81**. KOLMOGOROW, A. N.: Leben und Denken unter kybernetischem Aspekt. Wiedergegeben nach dem Bericht über die Tagung „Philosophische Fragen der Kybernetik“. Sowjetwissenschaft, Ges.-wiss. Beiträge, H. 2 (1963), 217-218.
**81a**. KOLMOGOROW, A. N.: Drei Methoden zur Bestimmung des Begriffs „Informationsmenge“. Probleme der Informationsübertragung, 1965, Bd. 1, Teil 1.
**82**. KORCH, H.: Zur Kritik des physikalischen Idealismus C. F. v. WEIZSÄCKERS. Berlin 1959.
**83**. – Bemerkungen zum Begriff des Determinismus. DZPh. 1961, H. 7.
**84**. – Zum Verhältnis von Kausalität und Determinismus. DZPh. 1963, H. 2.
**85**. – Das Problem der Kausalität. Berlin 1965.
**86**. KOSSIKOW, K. W.: Die Vererbung erworbener Eigenschaften bei den Mikroorganismen. In: Gegen den reaktionären Mendelismus-Morganismus. Berlin 1953.
**87**. KREBS, H. A.: Die Steuerung der Stoffwechselvorgänge. Dtsch. med. Wschr. **81**, 4-8 (1956).
**88**. – Chairman’s introductory address. Rate limiting factors in cell respiration. In: CIBA Foundation Symposium on the Regulation of Cell Metabolism. London 1959.
**88a**. KORNBERG, A.: Biologic Synthesis of Desoxyribonucleic Acid. Science **131**, 1503 (1960).
**88b**. KÜPFMÜLLER, K.: Die nachrichtenverarbeitende Funktion der Nervenzellen. In: Aufnahme und Verarbeitung von Nachrichten durch Organismen. Stuttgart 1961.
**88c**. KUHN, H.: Zur Evolution eines sich selbst organisierenden praebiotischen Systems. In: Evolution, NOVA ACTA LEOPOLDINA Nr. 218, Bd. 39/1.
**89**. LAITKO, H.: Zum Verhältnis von Chemie und Physik. DZPh., Sonderheft 1965.
**90**. LÄSKER, L.: Ist die moderne Biologie mechanisch? DZPh. 1963, H. 2.
**91**. – Physikalisch-chemische Gesetze und Lebensgeschehen. In: Natur und Erkenntnis. Berlin 1964.
**91a**. LÄSKER, L., und H.-A. ROSENTHAL: Molekularbiologie – ihre Errungenschaften und Perspektiven. Einheit, Berlin **21** (1966) 1, S. 72 ff. u. 2, S. 261 ff.
**91b**. LANDSTEINER, K.: The Specificity of Serological Reactions. Cambridge/Mass. Harvard University Press 1945.
**91c**. LANGE, O.: Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht. Berlin 1966.
**91d**. LAPLACE, P. S.: Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit. Leipzig 1932.
**92**. LECOMTE DU NOÜY, P.: L’homme devant la science. Paris 1939.
**93**. LEDERBERG, J., and E. LEDERBERG: J. Bact. **63** (1952).
**94**. LENIN, W. I.: Aus dem philosophischen Nachlaß. Berlin 1949 [Lenin, Werke, Band 38].
**95**. – Materialismus und Empiriokritizismus. Berlin 1949 [Lenin, Werke, Band 14].
**95a**. – Drei Quellen und drei Bestandteile des Marxismus. In: Werke, **19**. Berlin 1962.
**95b**. – Philosophische Hefte. In: Werke, **38**. Berlin 1964.
**96**. LEY, H.: Dämon Technik? Berlin 1961.
**97**. – Einige erkenntnistheoretische Probleme in Naturwissenschaft und Technik. Wiss. *Z*. Technische Univ. Dresden II, 1962, H. 4 und 5.
**98**. – Materialität und Modell. In: Wiss. Z. Humboldt-Univ. 13, 1964, Ges.- und Sprachwiss. Reihe, H. 7.
**99**. LJAPUNOW, A. A.: Über einige allgemeine Fragen der Kybernetik. In: Probleme der Kybernetik 1, Berlin 1962.
**100**. LORENTE DE NÓ: Circulation of impulses and memory. In: Molecular Specificity and Biological Memory, cd. by FRANCIS O. SCHMITT. Cambridge/Mass. 1962.
**101**. LÖTHER, R.: Die Vererbung und die Materialität. DZPh., Sonderheft 1966.
**101a**. – Die Beherrschung der Mannigfaltigkeit. Jena 1972.
**101b**. LOTKA, A. J.: Elements of Mathematical Biology. Dover Publications, New York 1956.
**101c**. LUKÁCS, G.: Geschichte und Klassenbewußtsein. Berlin 1923.
**101d**. LURIA, S. E.: Leben – das unvollendete Experiment. München, Zürich 1973.
**102**. MARCH, A.: Das Denken der modernen Physik. Hamburg 1957.
**103**. MARX, K.: Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie. Berlin 1963 [Marx/Engels, Werke, Band 42].

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**103a**. – Brief an F. LASSALLE vom 16. Januar 1861. K. MARX/F. ENGELS: Werke, Bd. **30**, S. 578. Berlin 1962.
**103b**. – und F. ENGELS: Werke, Bd. **20**. Berlin 1962.
**103c**. – – Werke, Bd. **13**. Berlin 1962. S. 632.
**103d**. – – Zur Kritik der Hegelschen Rechtsphilosophie, Einleitung. In: Werke Bd. **1**. Berlin 1956.
**104**. – – Ausgewählte Schriften. Bd. **1** und **2**, Berlin 1951.
**104a**. – – Ausgewählte Briefe. Berlin 1953, 5. 150.
**104b**. – – Die Heilige Familie und andere philosophische Frühschriften. Berlin 1953.
**105**. MATTHAEI, H. J.: Wege zur experimentellen Analyse des Ribonucleinsäure-Code für die Proteinsynthese. In: Nova Acta Leopoldina N. F. Nr. **165**, 1963 (Biochemische und klinische Probleme der Molekular-Genetik).
**105a**. MATTHIES, H.: Grundlagen der Informationsspeicherung im Nervensystem. Spektrum, Heft 1972.
**105b**. – Die intrazelluläre Regulation der interneuralen Konnektivität – eine Grundlage von Lern- und Gedächtnisprozessen. In: Biocybernetics, Volume IV, Jena 1972.
**105e**. MAYR, E.: Zufall oder Plan, das Paradox der Evolution. In: Evolution und Homonisation. Stuttgart 1968.
**105d**. METZLER, H.: Information in kybernetischer und philosophischer Sicht. DZPh. 5 (1962).
**105e**. MILLER, S. L.: A production of amino acids under possible primitive earth conditions. Science **117**, 528 (1953).
**106**. MITTELSTAEDT, H.: Regelung in der Biologie. In: Vorträge, Regelungsvorgänge in der Biologie. München 1956.
**106**. MONOD, J.: Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. München 1971.
**106b**. – et M. COHN: La biosynthèse induite des enzymes (Adaptation enzymatique). In: Advances in Enzymology, Vol. **13**, New York 1952.
**107**. – and F. JACOB: General conclusions: Teleonomic mechanisms in cellular metabolism, growth, and differentation. In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. Vol. **26**, New York 1961.
**108**. – J.-P. CHANGEUX and F. JACOB: Allosteric proteins and cellular control systems. Services de biochemie cellulaire et de génétique microbienne, Institut Pasteur, Paris. J. Mol. Biol. 1963.
**108a**. – J. WYNEAN and J. P. CHANGEUX: J. Molecul. Biol. **12** (1965), 88.
**108b**. MÜLLER, A. J.: Mutationen als erbliche DNS. Veränderungen WiFo **19** (1969), 11, S. 485.
**109**. NAWASCHIN, M. S.: Untersuchungen über die Natur der Mutation. In: Probleme der theoretischen Biologie. Moskau 1935.
**110**. NAYRAC, P.: Les bases cybernetics de la medicine nouvelle. In: Medicina cibernetica, atti del I congresso internazionale. Napoli 1960.
**111**. NEIDHARDT, P.: Informationstheorie und automatische Informationsverarbeitung. Berlin 1964.
**112**. NETTER, H.: Theoretische Biochemie. Physikalisch-chemische Grundlagen der Lebensvorgänge. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959.
**113**. NEUMANN, J. v.: The general and logical theory of automata, cerebral mechanism. In: Behavior. New York 1951.
**113a**. NIRENBERG, M.W., and H. J. MATTHAEI: The dependence of cell-free protein synthesis in *E. coli* upon naturally occurring or synthetic polyribonucleotides. Proc. Nat. Acad. Sci. **47**, 1588-1602 (1961).
**113b**. –, O. W. JONES, P. LEDER, B. F. O. CLARKE, W. S. SLY and S. PESTKA: On the coding of genetic information. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. **28**, 549-557 (1963).
**114**. NOWIK, I. B.: Zu einigen methodologischen Problemen der Kybernetik. Sowjetwissenschaft, Ges.-wiss. Beiträge, II. 10 (1962).
**114a**. OCHOA, S.: Synthetic polynucleotides and the genetic code. Fed. Proc. **22** I, 62-74 (1963).
**115**. OCKEL, S., S. M. RAPOPORT, U. HINTERBERGER und W. GERISCHER-MOTHES: Die Die *p*H-Abhängigkeit der anaeroben Glykolyse und Hexokinase. In: III. Internationales Erythrozyten-Symposium Berlin 1960. Leipzig 1960.
115a. OLLENDORFF, F.: Versuch einer Theorie der Reizleitung. Arch. elektr. Übertrag. H. 12 (1962).
**116**. OMELJANOWSKI, M. E.: Philosophische Probleme der Quantenmechanik. Berlin 1962.
**117**. OPARIN, A. I.: Das Leben, seine Natur, Herkunft und Entwicklung. Jena 1963.
**117a**. – Die Entstehung des Lebens auf der Erde. Berlin 1957.
**118**. PARDEE, A. B.: Mechanisms for control of enzyme synthesis and enzyme activity in bacteria. In: CIBA Foundation Symposium on the Regulation of Cell Metabolism. London 1959.
**118a**. PASYNSKI, A. G.: Biophysikalische Chemie. „Wyschaja Schkola“ 1963.
**118b**. PASTERNAK, G.: Determiniertheit immunbiologischer Prozesse. In: Philosophische und ethische Probleme der Molekularbiologie, III. Kühlungsborner Kolloquium, Berlin 1974.
**119**. PAULI, W.: Wahrscheinlichkeit und Physik. Dialectica **8**, 112-124 (1954).
**119a**. PAULING, L.: Am. Chem. Soc. **62** (1940), 2643.
**119b**. – H. A. ITANO, S. J. SINGER and I. C. WELLS: Sickle cell anemia, a molecular disease. Science **110**, 543 (1949).
**120**. PAWELZIG, G.: Über den Charakter des Determinismus in der Ontogenese. DZPh. 1961, H. 7.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**120a**. – Dialektik der Entwicklung objektiver Systeme. Berlin 1970.
**120b**. PEIL, J.: Einige Bemerkungen zu Problemen der Anwendung des Informationsbegriffs in der Biologie. In: Biom. Z. Bd. 15 (1973), H. 2 u. 3.
**121**. PESCHEL, M.: Regelkreise mit PID-Reglern. Berlin 1963.
**122**. – Kybernetik und Automatisierung. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 12, 1963, Math.-nat. Reihe, H. **12**.
**123**. – Kybernetik und Automatisierung. Automatisierungstechnik, H. 30. Berlin 1964.
**124**. – Informationsverarbeitung durch Automaten. Techn. Gemeinschaft 1965, H. 4/5.
**125**. PLANCK, M.: Wege zur physikalischen Erkenntnis. Leipzig 1934.
**126**. POLETAJEW, I. A.: Kybernetik. Kurze Einführung in eine neue Wissenschaft. Berlin 1962.
**127**. POLONSKY, I.: La cybernétique et la biologie cellulaire. In: Medicina cibernetica, atti del I congresso internazionale. Napoli 1960.
**127a**. PORTMANN, A.: Zoologie und das neue Bild des Menschen. Hamburg 1951.
**127b**. PRIGOGINE, I.: La thermodynamique de in vie. In: La recherche **24** (1972).
**127c**. PRIMAS, H.: Probleme der Interpretation der Quantenmechanik großer Systeme. Aus seiner Vorlesung, gehalten 1970 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.
**128**. QUASTLER, H.: The measure of specificity. In: Information Theory in Biology. Urbana 1953.
**129**. RACKER, E., and R. Wu: Limiting factors in glycolysis of ascites tumour cells and the Pasteur effect. In: CIBA Foundation Symposium on the Regulation of Cell Metabolism. London 1959.
**130**. RAPOPORT, S. M.: Reifungs- und Alterungsvorgänge in Erythrozyten. III. Internationales Erythrozyten-Symposium, Berlin 1960. Leipzig 1960.
**131**. – Zur enzymatischen Regulation des Zellstoffwechsels. Forschen und Wirken. Festschrift zur 150-Jahr-Feier der Humboldt-Univ. Berlin. Berlin 1960.
**132**. – Blut. Leipzig, Jena, Berlin 1962.
**133**. – Gibt es eiweißfreies Leben? Forum 1962, 19.
**134**. – Medizinische Biochemie. Berlin 1962.
**134a**. – Über molekulare Grundlagen der Organisation lebender Systeme, Referat auf dem II. Symposium über philosophische Fragen der Medizin vom 5.-7. Nov. 1964 in Berlin. (Unveröffentlicht.)
**134b**. RAPOPORT, T. A., R. HEINRICH, G. JACOBASCH and S. M. RAPOPORT: A Linear Steady-State Treatment of Enzymatic Chains – A Mathamatical Model of Giycolysis of Human Erythrocytes. Eur. J. Biochem. **42** (1974), 107-120.
**134c**. RAVEN, O. P.: Oegenesis: The Storage of Developmental Information. London and New York 1961.
**134d**. REICH, J. G.: Wiss. Zschr. d. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Math.-Nat. Reihe, Heft 4, Jg. 16, 1967.
**134e**. – U. TILL, J. GÜNTHER, M. TSCHISGALE and H. FRUNDER: European J. Biochem. **6** (1968), 384-395.
**134f**. – E. SELKOV: Mathematical Analysis of Metabolic networks. FEBS-Letters Vol **40** suppl. (1974), 119-127.
**134g**. – G. WANGERMANN, M. FALCK und K. ROHDE: A General Strategy for Parameter Estimation from Isoteric and Allosteric Kinetic Data and Binding Measurements. Eur. J. Biochem. **26** (1972), 368.
**135**. RICH, A.: The molecular basis of information storage and transfer in biological systems. In: Macromolecular Specifity and Biological Memory, ed. by FRANCIS O. SCHMITT. Cambridge/Mass. 1962.
**136**. ROCHHAUSEN, R.: Das Ganzheitsproblem in der Biologie. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig 1958/59, Ges.-Sprachwiss. Reihe, H. 3.
**136a**. ROSENBLATT, F.: Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theorie of Brain Mechanisms. Washington 1961.
**137**. ROSENBLUETH, A., N. WIENER and J. BIGELOW: Behavior, purpose and teleology. Philosophy of Sei. **10**, 1 (1943).
**137a**. ROSENTHAL, H.-A.: Über die Wirkung von Bromuracil und 5-Fluoruracil auf die Virusinduktion lysogener Bakterien durch ultraviolette Strahlen. Inaugural-Dissertation, unveröffentlicht.
**137b**. ROSENTHAL, S., S. M. RAPOPORT, H. A. ROSENTHAL und K. FUCHS-KITTOWSKI: Zu einigen aus den Erkenntnissen der Molekularbiologie ableitbaren theoretischen Verallgemeinerungen. III. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der Molekularbiologie. Berlin 1974.
**137c**. – K. FUCHS-KITTOWSKI und G. LICKERT: Zu einigen ausgewählten Fragen der Umweltproblematik vom Standpunkt der prognostischen Studie des Forschungsrates „Optimierung menschlicher Lebensprozesse“. Wissensch. Thesen der AdW der DDR, H. 3, 1972, S. 30-35.
**137d**. ROSENTHAL, H.-A.: Neue Nutzungsmöglichkeiten für konditionelle Letalmutanten von Viren. Dissertation B, Humboldt-Universität, Berlin 1975.
**138**. ROTHSCHUH, K. E.: Theorie des Organismus. Bios – Psyche – Pathos. München und Berlin 1963.
**138a**. – Geschichte der Psychologie, Berlin 1953.
**138b**. RUBEN, P.: Die materialistische Dialektik und ihre Grundgesetze in: Gesetz Erkenntnis Handeln. Berlin 1972.
**139**. RUBINSTEIN, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Berlin 1959.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**139a**. RÜDIGER, W.: Neuronennetztheorie und hirnphysiologische Grundlagen des Psychischen. Referat auf dem II. Symposium über philosophische Fragen der Medizin. Berlin, 5. bis 7. November 1964. Unveröffentlicht.
**139b**. RUFF, W.: Ein einfaches Rechenmodell der Erregungsübertragung in Neuronenverbänden. In: Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-Nat. R. XIII (1964).
**139c**.– Demonstration eines praktischen Neuronenmodells. In: Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, 17. Jahrg. 1968, Math.-Nat. R., H. 3.
**140**. RUSSELL, E. S.: Lenkende Kräfte des Organischen. Bern 1945.
**141**. RYSHKOW, W. L.: Von den Kennzeichen des Lebens. Wissen u. Leben 1962, H. 7.
**141a**. SACHSSE, H.: Die Erkenntnis des Lebendigen. Braunschweig 1968.
**142**. SCHACHMANN, H. K., J. ADLER, O. M. RADDING, I. R. LEHMANN and A. J. KORNBERG: Enzymatic synthesis of desoxyribonucleic acid. J. biol. Chem. **235**, 3242 (1960).
**142a**. SCHÄFER, H.: Die Stellung der Regelungstheorie im System der Wissenschaft. In: Regelungsvorgänge in der Biologie. München 1956, S. 41.
**142b**. SCHARF, G. H.: Gegenständliche Zellmodelle. In: Ergebnisse der experimentellen Medizin, Bd. 13, Berlin 1973.
**143**. SCHEUCH, D., und S. RAPOPORT: Intrazelluläre Regulation der Aktivität einiger SH-Enzyme durch Glutathion. III. Internationales Erythrozyten-Symposium, Berlin 1960. Leipzig 1960.
**144**. SCHMALHAUSEN, I. I.: Natürliche Auslese und Information. Sowjetwissenschaft, Naturwiss. Beiträge, H. 9 (1960).
**144a**. – Grundlagen des Evolutionsprozesses vom kybernetischen Standpunkt. Probleme der Kybernetik, Bd. 4. Berlin 1964.
**145**. SCHMIDT, H.: Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftlichen, sozialpolitischen und kulturpolitischen Auswirkungen. Vortrag 1940. ZVDF **85**, 81 (1941).
**146**. SCHRAMM, G.: Idee und Materie in der modernen Biologie. Bremen 1963.
**146a**. – Dtsch. med. Wschr. 89 (1965), 72.
**146b**. – in S. W. Fox (cd.): The Origins of Praebiological Systems. Academic Press, New York 1965.
**147**. SCHRÖDINGER, E.: Was ist Leben? München 1951.
**148**. SCHWARTZ, M. N., T. A. TRAUTNER and A. J. KORNBERG: Enzymatic synthesis of desoxyribonucleic acid. J. biol. Chem. 237, 1961 (1962).
**149**. SCHWARZE, G.: Die Bedeutung der Mathematik für die Automatisierungstechnik. In: Mathematik und Technik. Konferenz der DAW zu Berlin 1961. Berlin 1962.
**150**. – Grundbegriffe der Automatisierungstechnik. Berlin 1961.
**151**. – Rechenmaschinen als universelle kybernetische Modelle. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1963, Math.-nat. Reihe.
**151a**. SARTRE, J.-P.: Existentialismus und Marxismus. Frankfurt/a. M. 1965.
**151b**. – Ist der Existentialismus ein Humanismus? Zürich 1947.
**152**. SEGAL, J.: Das Prinzip des Determinismus in Biologie und Physik. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1957/58, Ges.- u. Sprachwiss. Reihe, H. 1; Math.-nat. Reihe, H. 1.
**153**. – Die dialektische Methode in der Biologie. Berlin 1958.
**154**. – Die besonderen Gesetzmäßigkeiten der Bewegungsform „Leben“. In: Naturwissenschaft und Philosophie. Berlin 1960.
**155**. – Kritische Bemerkungen zur Anwendung der Kybernetik in der Biologie. DZPh. 1962, H. 3.
**156**. – Determinismus in biologischen Systemen. Determinismus und Gesetzmäßigkeiten in der modernen Naturwissenschaft. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1963, Math.-nat. Reihe, H. 3.
**156a**. – – Das Leben – ein Rätsel? Berlin 1972.
**156b**. SÈVE, L.: Über den Strukturalismus. Zu einem Aspekt des ideologischen Lebens in Frankreich. Probleme des Friedens und des Sozialismus. Heft 5 und 6/1971.
**157**. SHDANOW, W. M.: Es gibt eine eiweißlose Form des Lebens. Wissen und Leben 1962, H. 7.
**158**. SIDNEY, M. , H. DANCOFF und H. QUASTLER: The information content und error rate of living things in information theory. In: MOHR/SITTE: Molekulare Grundlagen der Entwicklung. Berlin 1971.
**159**. ŠORM, F.: Eiweiß-Stoffe – die Grundlage des Lebens. Prag 1964.
**159a**. STACHOWIAK, R.: Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. Wien-New York 1965, S. 188.
**159b**. STEBBINS, G. L.: Evolutionsprozesse. Grundbegriffe der modernen Biologie. Stuttgart 1968.
**159c**. STEENBECK, M., und W. SCHELER: Essay über den Einfluß von genetischem und gesellschaftlichem Erbe auf das Verhältnis Mensch – Gesellschaft. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie **21** (1973), 7.
**160**. STEINBUCH, K.: Automat und Mensch. Übermenschliche und maschinelle Intelligenz. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961.
**161**. – Bewußtsein und Kybernetik. In: Kybernetik – Brücke zwischen den Wissenschaften. Frankfurt a. M. 1962.
**161a**. – Modellentwürfe für Erkennen und Problemlösen. In: Biologische Modelle. Nova Acta Leopoldina Nr. 184, Bd. 33.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**162**. STENT, G. S.: The operon: on its third anniversary. Science **144**, 816 (1964).
**163**. STRAUB, F. B.: Biochemie. Budapest 1960.
**164**. SYLM-RAPOPORT, I., I. STRASSBURGER und S. M. RAPOPORT: Glykolyse von Erythrozyten bei Magnesiummangel. In: III. Internationales Erythrozyten-Symposium, Berlin 1960. Leipzig 1960.
**164a**. SZENT-GYÖRGYI, A.: In: Horizons in biochemistry. Ed. MICHAEL KASHA und BERNARD PULLMAN. Academic Press, New York/London 1962.
**164b**. THEILE, W.: Zur Rolle der Dialektik im molekularbiologischen Denken. In: Philosophische und ethische Probleme der Molekularbiologie. Berlin 1972.
**165**. TEILHARD DE CHARDIN, P.: Der Mensch im Kosmos. München 1959.
**165a**. TEMMIN, H. M.: Virology 23, 486 (1964).
**165b**. – und S. MIZUTAMI: Nature 221, 1211 (1970).
**166**. TIMOFEEFF-RESSOWSKY, N. W.: Über statistisches Verhalten und das Verstärkerprinzip in der Biologie. In: Probleme der Kybernetik. Bd. II. Berlin 1959.
**166a**. THOMAS, E.: Philosophische/methodologische Probleme der Molekulargenetik, Jena 1966.
**167**. TOMKINS, M., und K. L. YIELDING: Regulation of enzymic activity of glutamic dehydrogenase mediated by changes in its structure. In: Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology. Vol. **26**. New York 1961.
**168**. TRAPESNIKOW, W. A.: Kybernetik und automatische Steuerung. Z. für Messen, Steuern, Regeln. 1962, H. 12.
**168a**. TREDER, H.-J.: FRIEDRICH ENGELS' Kritik an der absoluten Gültigkeit des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Spektrum, Heft 2/1972.
**168b**. TRINTSCHER, K. S.: Biologie und Information, Leipzig 1967.
**169**. TURING, A. M.: On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem. Proc. Lond. Math. Soc. (2) **42**, 230 (1937).
**170**. UEXKÜLL, J. von: Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen. Hamburg 1956.
**171**. UMBARGER, E.: Evidence of negative feedback-mechanism in the biosynthesis of isoleucine. Science **123**, 848 (1956).
**171** a. – Feedback control by endproduct inhibition. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, Vol. 26. New York 1961.
**172**. VENDRYES, P.: Les regulations physiologiques et la loi des concentratio et des débits. In: Medicina cibernetica, atti del I congresso internazionale. Napoli 1900.
**172a**. VOJTA, G.: Statistische Physik und Chemie. Sitzungsberichte des Plenums und der problemgebundenen Klassen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1970, Nr. 3.
**172b**. VOSSIUS, G.: Die Anwendung der Systemtheorie in der Biologie. In: Studium Generale **18** (1965), 5.
**173**. WADDINGTON, C. H.: From cell to embryo. Discovery **2**, 6 (1963).
**174**. WAGENKNECHT, C.: Gehalt und intrazelluläre Verteilung des Glutathions in Kaninchen-Erythrozyten und Retikulozyten. In: III. Internationales Erythrozyten-Symposium, Berlin 1960. Leipzig 1960.
**175**. WAGNER, R.: Probleme und Beispiele biologischer Regelung. Stuttgart 1954.
**176**. WALTER, W. G.: The living brain. New York 1963.
**177**. WASMUTH, E.: Der Mensch und die Denkmaschine. Köln 1955.
**178**. WATSON, J. D., und F. H. O. CRICK: A structure for desoxyribose nucleic acid. Nature (Lond.) **171**, 737 (1953).
**179**. WEIGEL, D.: Ein möglicher Regelmechanismus der Nukleinsäuren während der Mitose. In: Physikalische Grundlagen der Medizin, Abhandlungen aus der Biophysik, Heft 1. Leipzig 1963.
**180**. WEIZSÄCKER, C. F. VON: Die Geschichte der Natur. Göttingen 1956.
**181**. – Zum Weltbild der Physik. Stuttgart 1958.
**181a**. – Über das Verhältnis von Physik und Biologie. Wissenschaftliche Welt, 1966, S. 15/16.
**181b**. – Die Einheit der Natur. München 1971.
**181c**. – Gedanken über das Verhältnis der Biologie zur Physik. Nova Acte. Leopoldina, N. F. **31**, Nr. 177, S. 237-251.
**181d**. WEIZSÄCKER, E. v.: Unterschiede zwischen genetischer und Shannonscher Information. In „Philosophische und Ethische Probleme der modernen Genetik". Kühlungsborner Kolloquium. Berlin 1972.
**182**. WESSEL, H.: Viren, Wunder, Widersprüche. Berlin 1961.
**182a**. WESTPHAL, W.: Physik, ein Lehrbuch. Berlin 1937.
**183**. WETTER, G. A.: Philosophie und Naturwissenschaft in der Sowjetunion. 1958.
**184**. WIENER, N.: Mensch und Mensch-Maschine. Frankfurt a. M. 1958.
**185**. – Kybernetik, Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen m Maschine. Düsseldorf, Wien 1963.
**186**. WIESER, W.: Organismen, Strukturen, Maschinen. 1959.
**186a**. WINTGEN, G.: Zur mengentheoretischen Definition und Klassifizierung kybernetischer Systeme. Wiss. Z. d. Humboldt-Universität, Gesellschaftswiss.-Sprachwiss. Reihe, **XVII** (1968) 6, S. 871 f.
**186b**. WOLKENSTEIN, M. W.: Moleküle und Leben, Einführung in die Molekularbiophysik. Leipzig 1969.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**187**. WÜSTNECK, K. D.: Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs. DZPh. H. 12/1963.
**187a**. – Einige Gesetzmäßigkeiten und Kategorien der wissenschaftlichen Modellmethode. DZPh. H. 12/1966.
**188**. ZWEILING, K.: Die Kopenhagener Schule. In: Unser Weltbild, H. 1 (Die bürgerliche Philosophie seit 1917). Berlin 1958.
**188a**. Gesetz, Erkenntnis, Handeln – Beiträge zum marxistisch-leninistischen Gesetzes. begriff. Berlin 1972.
**189**. Grundlagen der marxistischen Philosophie. Lehrbuch. Berlin 1959.
**190**. Symposion Determinismus und Gesetzmäßigkeit in der modernen Naturwissenschaft (11. bis 13. Oktober 1962). Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin 1963, Math.-nat. Reihe, H. 3.
**191**. Thesen der Sektion Philosophie bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: Die marxistisch-leninistische Philosophie und die technische Revolution. 1963.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

# Personenregister

AFANASJEW, W. G. 57
AGRANOFF, B. W. 306
AMÉRY, J. 411
ANOCHIN, P. K. 135
ARISTOTELES 273
ASHBY, R. W. 79, 112, 184, 191 f., 196 f., 200, 202, 217, 258, 273, 280, 309, 344 f., 386, 400
AVENARIUS, R. 180

BÄR, D. 459
BARGMANN, W. 356
BAR-HILLEL, G. 442
BAVONDES, S. H. 306
BEAUVEGARD, O. COSTA DE 144
BEIER, W. 97, 101
BELLMANN, K. 176, 432
BERGSON, H. 387, 415
BERNARD, C. 133
BERNHARDT, D. 57
BERTALANFFY, L. v. 56 f., 257 ff., 321, 329 ff., 346 f., 350
BIELKA, H. 243, 246 f.
BIGELOW, I. 79, 274
BIRKHOFF, G. 199
BÖHME, H. 248 f., 284, 381
BÖNISCH, S. 149
BÖTTNER, R. 176
BOHR, N. 66 ff., 87 ff., 106, 111, 117, 121, 126, 415, 450
BOIS-REYMOND, E. DU 98 f.
BOLTZMANN, L. 143, 212, 351, 353, 355, 375, 411
BONNER, D. M. 236
BORN, M. 124, 206 f., 216 f., 223
BRAINES, S. N. 463
BREMERMANN, H. J. 342, 444 f.
BRILLOUIN, L. 123, 126, 143, 145, 208
BROGLIE, L. DE 116
BÜCHNER, L. 425
BURNET, F. N. 298

CAIRNS, J. 15
CANNON, W. B. 133
CHANCE, B. 44, 167 f., 170 f., 174 f., 258
CHANGEUX, J. P. 327
CHARGRAFF, E. 245
CHINTSCHIN, A. J. 143
CHURCH, A. 201
ČIŽEK, F. 389
COHN, P. 256
COMMONER, B. 312, 314 ff., 318 356, 360
CORNFORTH, M. 440
CORRENS, O. E. 237
CRICK, F. H. C. 39, 237 f., 286

DANCOFF, S. M. 83
DARWIN, CH. 36, 75, 229, 338, 340 f., 346, 380, 386, 389, 391, 404, 408 f., 416, 428
DAVIDSON, P. F. 53
DAVIS, R. W. 414
DAVISSON, C. I. 113, 116
DEAN, A. C. R. 273
DELBRÜCK, M. 15, 51, 66, 68 f., 250
DEMOKRIT 46, 206
DESCARTES, R. 97 ff., 422, 440
DIDEROT, D. 423, 425
DIETZGEN, J. 427
DRIESCH, H. 79, 117, 415
DRISCHEL, H. 134, 135, 163. 166, 175
DUBININ, N. P. 26, 446

EHRENSTEIN, G. v. 245
EHRLICH, P. 298
EIGEN, M. 16, 19, 36, 61, 64, 66, 73 f., 103, 144, 281, 287, 290, 292, 294, 319, 341 f., 355, 390 f., 393 f., 396 ff., 400, 409, 412 f., 415, 420, 454
EINSTEIN, A. 84, 116
ELSASSER, W. M. 41 ff., 49, 53 f., 66, 68 f., 81 f., 54 f., 87, 98, 101 f., 106 ff., 117, 122 ff., 127 ff., 185, 199 f., 204 f., 208, 217, 252, 330 f., 343, 346, 358, 362 f., 371 f., 384, 415
ENGELS, F. 16, 58, 62, 71, 128, 162, 180, 183, 186, 192, 227, 255, 274, 277, 287, 289, 339 f., 404, 416 ff., 425, 428, 446, 461
ERISMANN, TH. H. 464

FELDTKELLER, R. 151
FEUERBACH, L. 127, 180
FLEXNER,L.B. 306
FOCK, W. A. 17, 29, 120 f., 227
FRANZ, P. 432
FREIFELDER, D. 53
FREY, G. 442
FRIEDMANN, T. E. 315
FROLOW, I. T. 186
FUCHS, K. 14, 16, 66, 70 f., 74, 103, 117, 228, 420, 446
FUCHS-KITTOWSKI, K. 157, 264, 280, 432 ff., 458
FUCHS-KITTOWSKI, M. 128
FRUNDER, H. 175

GABOR, D. 143
GALILEI, G. 98
GAMOW, G. 245
GARAUDY, R. 426
GARFINKEL, D. 44, 170, 172, 174 f.
GERISCHER-MOTHES, W. 328
GERMER, L. H. 113, 116
GIBBS, W. 143, 210, 212
GITTIN, D. 297
GLANSDORFF, P. 16, 342, 351, 353 f., 411 f., 454
GÖDEL, K. 201, 441 f.
GOETHE, J. W. v. 13
GOODWIN, B. O. 175 f.
GROSS, B. 432
GRUMMT, F. 243, 246 f.
GÜNTHER, K. 20, 86.

HAECKEL, E. 423
HARTLEY, R. V. L. 143, 149
HASSENSTEIN, B. 139
HAUROWITZ, F. 298
HEBB, O. O. 311
HEGEL, G. F. W. 162, 181, 271, 273,277, 337, 403 f., 408, 417, 419 f.
HEINE, H. 272
HEINRICH, R. 175
HEISENBERG, G. W. 68, 86, 88, 110, 117, 119 ff., 126 f., 210, 217 f., 225, 227
HENDERSON, L. I. 133

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

HERAKLIT 46, 115, 332
HESS, B. 44, 57, 167 f., 170 f., 174 f.
HIGGINS, J. 44, 170, 174
HILSCHMANN, N. 299
HINSHELWOOD 5. N. 254, 270, 273, 316 f.
RINTERBERGER U. 328
HODANOVÁ, D. 389
HÖRZ, H. 14, 179, 186 f., 426
HOFF, F. 134
HOLST, E. v. 58, 134 f., 166, 428
HORSTMANN, H. 440
HYDÉN, H. A. 102, 303, 306, 308 f.
HYMAN, R. W. 414

INGRAM, M. 297, 315
IVERS, V. N. 467

JACOBASCH, G. 175
JACOB, F. 15, 17 f., 66, 176, 249, 263 ff., 268 f., 271, 278, 288, 293, 317, 327, 359, 364, 451
JAUCH, B. 144
JERNE, N. K. 298, 364
JOHN, E. R. 306, 311
JORDAN, P. 42 f., 67, 105, 113, 178, 225, 381

KÄMMERER, W. 152
KAISER, H. 458
KALMÁR, L. 467
KAMARYT, J. 273, 277, 330
KANXEGIESSER, K. 429, 431
KANT, I. 11, 127, 162, 178, 218, 272 f.
KARLSTRÖM, H. 269
KARPINSKAJA, R. S. 467
KEIDEL, W. 139
KELLER 367
KELVIN, W. 338
KENDREW, J. C. 37 f.
KHORANA 281
KLAUS, G. 28, 59, 91, 132, 135, 186, 218, 273, 277, 345, 401, 426
KLEENE, S. C. 201
KLIX, F. 97, 423, 438
KNIJNENBURG, A. 176
KOPERNIKUS, N. 274
KNORRE, W. A. 175
KÖHLER 197
KOLMOGOROW, A. N. 92, 135, 143, 145
KORCH, H. 181, 212
KORNBERG, A. 245 f., 313
KOSSIKOW, K. W. 270
KRAMER, K. 134
KRATYLOS 46
KREBS, H. A. 259, 262, 322, 324 f.
KÜPFMÜLLER, K. 151
KUHN, H. 401

LÄSKER, L. 78
LANDSTEINER, K. 298
LAITKO, H. 78
LAMARCK, J. B. 36, 377
LAPLACE, P. S. 98, 106, 121, 125
LASSALLE, F. 416
LAWRENCE, P. 366
LEDERBERG, E. 270
LEDERBERG, J. 270
LEIBNIZ, F. W. 358, 440
LENIN, W. I. 45, 100, 127 f., 142, 159, 161 f., 180 f., 186, 211, 220, 287, 333, 337, 356 ff., 417 f., 423, 425 f., 430, 455
LEUKIPP 206
LEY, H. 14, 20, 135, 161, 177, 179, 186, 317
LIEBSCHER, D. H. 315
LIPMAN, F. 245
LJAPUNOW, A. A. 360
LÖTHER, R. 128, 379
LUKÁCS, G. 288
LURIA, S. E. 15
LYSSENKO, T. D. 238, 390

MACH, E. 180
MAEYER, L. DE 292, 294
MARCH, A. 186
MARKOW, A. A. 201
MARX, K. 16, 127, 173, 180, 389, 403 ff., 416 ff., 428, 430, 451, 457
MATTHAEI, H. J. 243, 245
MATTHIES, H. 301 f., 304, 307, 310 f.
MAURO 306
MAYR, E. 378
MENDEL, G. 237
METZLER, H. 432
MICHELSON, A. 83
MILLER, S. L. 343
MITTELSTAEDT, H. 134 f., 166
MOLESCHOTT, J. 425
MONOD, J. 15, 62, 64, 176, 225, 249, 263 ff., 268 f., 278, 283, 285 ff., 293, 300, 317, 319, 327, 339, 359, 361, 362, 364, 387, 390, 394, 397, 402 ff., 408 ff., 413 ff., 430, 451
MORGAN, L. 423
MÜHLENBERG, E. 437
MÜLLER, A. J. 240
NARSKI, I. S. 440
NAWASCHIN, M. S. 379
NAYRAC, P. 107 f.
NEIDHARDT, P. 145
NERNST, W. 49, 51
NETTER, H. 116 f., 225, 352
NEUMANN, H. 176
NEUMANN, J. v. 79
NEWTON, I. 98, 274
NIRENBERG, M. W. 245
NÓ, R. L. DE 306
NOÜY/NOUY, P. LECOMTE DU 205, 341 ff., 345, 384, 385
NOWIK, I. B. 79, 370, 374

OCHOA, S. 245 f.
OCKEL, S. 328
OMELJANOWSKI, M. E. 181
OPARIN, A. I. 36, 55, 72, 92, 329, 331, 335,344, 347, 364, 391 f., 399, 409

PARDÉE, A. B. 271
PASSYNSKI, A. G. 347
PASTERNAK, G. 297
PASTEUR, L. 260
PAULI, XV. 127
PAULING, L. 37 f., 238, 298, 315
PAWELZIG, G. 181
PAWLOW, I. P. 197, 422
PEIL, J. 74
PERUTZ, M. F. 37
PESCHEL, M. 14, 162, 164, 188, 193 f., 197, 203, 258 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

PLANCK, M. 50 f., 340
PLATON 299, 403, 420 f., 428
POLETAJEW, I. A. 202, 369
POLONSKY, I. 254
PORTMANN, A. 358 ff.
POST, L. E. 201
PRIGOGINE, I. 16, 341, 353 ff., 367, 411 f., 454
PRIMAS, H. 224 f.

QUASTLER, H. 83, 85, 94, 361, 363

RACKER, E. 256 f.
RAPOPORT, S. M. 14, 20, 38, 58, 175, 242, 251, 257 f., 260, 265, 280, 318, 323 ff., 327 ff., 332, 359 f., 365, 371, 384 f., 424, 433, 435
RAPOPORT, T. A. 175, 401
RASHEVSKY, N. 145
RAVEN, C. P. 85, 361, 453
REICH, J. G. 20, 174 f.
RICH, A. 472
ROBERTS, R. B. 306
ROCHHAUSEN, R. 367, 429, 431
ROHDE, K. 472
ROSENBLATT, F. 294
ROSENBLUETH, A. 79, 274
ROSENTHAL, H.-A. 14, 19 f., 269, 280, 318, 433, 435
ROSENTHAL, S. 20, 280, 433, 435
ROSNER 306
ROTHSCHUH, K. E. 42, 336, 342, 378, 385
RUBEN, P. 389
RUBINSTEIN, S. L. 100
RÜDIGER, W. 100
RUFE, W. 472
RUML, V. 440
RUSSELL, E. S. 78 f., 241, 274, 440 ff.
RUTHERFORD, E. 87
RYSHKOW, W. L. 57

SACHSSE, H. 144
SANGER, F. 37
SARTRE, J. P. 288, 402
SCHACHMANN, II. K. 313
SCHARF, J. H. 175
SCHELER, W. 446
SCHELLING, F. W. 3. 273
SCHEUCH, D. 329
SCHMALHAUSEN, I. I. 386
SCHMITT, F. O. 308
SCHMIDT, H. 134
SCHÖNHEIMER, R. 332
SCHOPENHAUER, A. 419
SCHRAMM, G. 299, 391 f., 421 f., 427 f., 437
SCHRÖDINGER, E. 48 ff., 54, 66, 69, 144, 245, 330, 336, 347, 349, 352
SCHWANN, T. 26
SCHWARTZ, M. N. 313
SCHWARZE, G. 14, 188
SELKOV, E. 175
SEGAL, J. 112, 252, 307, 367
SEVAG, M. G. 269
SÈVE, L. 62
SHANNON, C. G. 143 ff., 149, 199
SHDANOW, W. M. 57
SORM, F. 256
SPENCER, H. 416
SPINOZA 275
STEENBECK, M. 446
STEBBINS, G. L. 378
STEINBUCH, K. 92, 94, 97, 99, 102, 110, 140, 146, 162, 197 f., 200, 216 ff., 294, 426
STENT, G. G. 15, 48, 51, 269
STRASSBURGER, I. 328
STRAUB, F. B. 115
STRAUSS, M. 227
SYLM-RAPOPORT, I. 328
SZENT-GYÖRGYI, A. 254
SZILARD, L. 143 f.

TAYLOR, J. H. 239
TEILHARD DE CHARDIN, P. 36, 41, 165, 278, 382, 405 f., 415 ff., 424, 427
THEILE, M. 284
THIEL, R. 273, 369
TEMBROCK, G. 432
THOMAS, E. 19, 284
TIIIOFEEFFRESSOWSKY, N. W. 381
TOMKINS, G. M. 326
TRAPESNJKOW, W. A. 57
TRAUTNER, T. A. 313
TREDER, H. J. 340
TRENDELENBURG, W. 134
TRINTSCHER, K. S. 53
TSCHERMAK, E. 237
TSCHERNOW, V. M. 337
TSCHIRSCHWITZ, R. 20, 157, 458
TURING, A. M. 79, 358

UEXKÜLL, J. v. 134 f., 428
UMBARGER, E. 252, 263, 293

VENDRYES, P. 166, 188, 190
VINCI, L. DA 58
VIRCHOW, R. 26, 353
VÖLZ, H. 431
VOGT, K. 425
VOJTA, G. 353
VOSSIUS, G. 139
VRIES, H. DE 237

WADDINGTON, C. H. 364
WAEDEN, VAN DER 341
WAGENKNECHT, C. 328
WAGRER, R. 57 f., 134 f., 166, 190
WALTER, W. G. 197 ff., 217
VAN DER WAAL, D. 291
WANGERMANN, G. 472
WARBURG, O. 260, 316
WASMUTH, E. 203
WATSON, J. D. 15, 39, 237 f.
WEINSTEIN, I. B. 315
WEIZSÄCKER, C. F. v. 16, 66 f., 75, 87, 127, 217 ff., 229, 341, 345
WEIZSÄCKER, E. v. 144
WENZLAFF, B. 20, 432, 434, 437, 445, 458
WESSEL, H. 104, 249, 329
WESTPHAL, W. 69
WETTER, G. A. 344 f.
WHITEHEAD 440
WIENER, N. 79, 134 f., 143 f., 210, 217, 241,254,274, 276 f., 280, 309, 347,425
WIESER, W. 109 f., 118, 164, 191, 197, 217, 274, 357
WILSON, J. E. 306
WINTGEN, G. 20, 159
WITTGENSTEIN, L. 440 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

WÖHLER, F. 99
WOLKENSTEIN, M. W. 16, 68, 85
WOLLMANN, E. L. 249
WUNSCH, G. 134
WÜSTNECK, K.-D. 158
WU, R. 256 f.

YČAS, M. 245
YIELDING, K. L. 326

ZEMANEK, H. 440, 442
ZEMP, J. W. 306
ZWICKER, E. 151

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

**Sachregister**

Abbild 154 f., 159 f., 425
Abbildung (Zuordnung, Repräsentation) 52, 79 f., 81, 92, 109, 158 ff., 159, 162, 183, 186, 188, 235, 333, 337, 363
Abhängigkeit 182 f., 206 f.
Abstraktion 140, 152, 162, 182, 207 f.
Adaptation 195, 269, 271
–, enzymatische 269
–,gerichtete 317
Adenosindiphosphat (ADP) 167 f., 170, 257, 259 f., 325
Adenosintriphosphat (ATP) 168, 170 f., 174, 257, 260 f., 313, 325
Agnostizismus 28, 106, 110 f., 127 f., 180, 219, 225
Akausalität 42, 185, 350 f.
Algorithmus 192 f., 195, 201 f., 425
allosterischer Effekt (Enzyme) 263 f., 293, 296, 325 ff., 374
Aminosäuren 37 f., 115, 236, 241 ff., 245 f., 313, 343 f., 382
– -aktivierung 243 f., 360
– -sequenz 37 f., 248 f., 265, 313 ff., 318
– -synthese 360

Analogie (-modelle, -schluß) 140, 154, 160, 239
Analogrechner 152, 162
Anpassung 56, 191 f., 248, 265, 269 f., 271 f.
Anpassungsfähigkeit 191, 251, 273, 280, 369
Anpassungsmechanismen 248 f., 251 f., 269
Anpassungsverhalten 231, 252, 269 f., 286, 345
Anschaulichkeit 118, 157 f., 220
Anticodon 243
Antigen 271, 300, 349
Antigen-Antikörper-Reaktion 349
Antikörper 298, 331, 334
Approximation (Annäherung) 89, 161
Apriori (a priori) 178, 217 f.
Äquifinalität 348
Äther 83 f.
Atmung, innere 167, 170 f., 260 f., 262, 322
–, und Glykolyse 167, 170, 260 f., 262
Atomistik 206
Auslese (Selektion) 70, 72, 113, 376. .377, 382, 385, 386, 390, 392, 427
Auswahl 142, 146, 150, 192, 324 f., 330, 377
Automat (Rechen-) 27, 29, 40, 43 f., 55, 60, 92, 94 f., 101, 122, 125, 152, 154, 177, 194, 200, 215, 380
–, abstrakter 132, 152 f.
deterministischer 194
–, digitaler 152, 192
einfacher (niederer) 200, 215
–, endlicher 29, 124, 163, 187
–, höherer 194, 200, 215
–, konkreter 132, 152 f.
–, lernender 29, 195, 201 f., 272, 294, 375
–, mit starrer Dynamik 188, 192
–, programmgesteuerter 151, 153 f.
–, „reiner“ 88 f., 118, 124, 331
–, statistischer, stochastischer 153, 194
–, streng determinierter (deterministischer) 153, 194
technischer 29, 40, 93, 102, 132, 188
– und Leben 30, 55, 67, 79, 89, 96, 122, 347 f.
– und Organismus 27, 103, 122, 330 f.
– und Umwelt 200
Automatentheorie 26, 89 f., 122, 208, 222, 330 f.
Automatisierungstechnik 50, 52 f., 89 f., 95 f., 152, 154, 166 f., 157 f., 192 f., 195, 204 f., 221, 252 f., 258
Autoreduplikation 49, 53
Bakterien 42, 96, 107, 131, 157, 214, 236, 245, 254, 257, 268, 270, 316, 325, 349
Bakteriophagen 176, 236
Basenfolge (-sequenz) 242, 248, 377, 383
Basenpaarung 242, 378, 382
Basenpaarungsfehler 378, 382
Bauplan (Plan) 149, 194, 235, 248, 426
Bedingung 112, 186
Begriffssystem der Automatisierungstechnik 88 f., 110 f., 118
– der Biologie 77, 86, 118
– der Physik und Chemie 77, 86, 88, 110, 114, 118
–, klassisches 205, 218 f., 226
Beobachtung 120, 126 f.
Bewegung (Eigen-, Selbst.) 46, 180, 214, 273 f., 332 f., 337. 357, 385 f., 401
–, Verabsolutierung 46, 54, 331 f.
Bewegung(sformen) der Materie 26, 82, 100, 105, 117, 131 f., 151, 163, 188, 221, 271
–,biologische 102, 105, 117, 254 f., 379
–, physikalisch-chemische 70, 105, 255
Bewegungsgesetz 336 f.
Bewußtsein 45, 92, 97, 99 f., 127, 142, 165, 406, 420, 422 f., 428
Biokybernetik 131, 253
Biophysik 77, 97
Biosphäre 86
Black box 163, 218
Blockschaltbild 139 f., 166, 168, 172
Blutzuckergehalt 150
Boltzmann-Konstante 144

Chromosomen 83 f., 235, 238, 361
Code 147 f., 236, 244 ff., 312, 360
–, genetischer 47, 244 ff., 315. 360, 413 f.
Codewort 245 f.
Codierung 141, 147 f., 242, 244 f., 309
Codon 241, 243, 317
Computer s. Automat
Crabtree-Effekt 171, 257
Creode 364

Darwinismus(Neo-) 229, 346 f., 377 f., 380, 382, 386, 392, 427
Denaturierung (Eiweiß) 46, 328, 371
Desoxyribonukleinsäure (DNS) 39, 48, 57, 61, 150, 236 ff., 238 f., 248 ff., 265 f., 271, 312 ff., 317, 318
Determinismus 25, 28 f., 43, 102 f., 122, 125, 178 f., 187
–, klassischer, mechanischer bzw. Prä- 28 f., 43, 102, 105, 121, 123. 125, 178, 180, 196, 210, 212, 215 f., 217, 222, 226, 230, 275, 377, 381 f., 406 ff.
– -konzeption, dialektisch-materialistische 28 f., 102 f., 123, 165, 178 ff., 205, 210 f., 222, 229 f., 379, 382, 406 ff., 408, 419
Dialektik 113, 183 f., 287 f., 289, 306, 318, 359 f.
Differenzierung (progressive Differentiation) 202, 248, 335, 338 f., 352, 359 f., 364
Ding an sich 128, 220
Ding für uns 128, 219 f.
DNS-(basen)sequenz 149 f., 312 f.
– -keim 313
– -matrize 313

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

– -replikation 239, 241
– -synthese 311 f., 360
– -strang (-brüche) 241
– -struktur (Helix) 39, 238 f.
Dualismus 97, 100
Dynamik (Prinzip der alles erfassenden –) 46, 54, 58, 373
–, (Ruhe und Bewegung) 58, 336

Eigenschaften, katalytische 73 Eiweiß (Protein) 36 f., 58, 62, 92, 96, 241, 244, 248 f., 256 f., 264, 282 f, 285, 326, 344, 362, 365, 371 f., 374
– -inhibitoren 359
– -lose Form des Lebens 57, 92
– -Nucleinsäure-Wechselwirkung 58, 280 f., 290, 317 f., 320, 368, 383, 394 ff.
– -spezifität 149 f., 235, 243, 248, 250, 313, 315, 374
– -struktur 36 f., 238, 264 f., 327, 371 f.
– -synthese (Enzym) 25, 39, 238, 243, 245, 249, 257, 264, 265 f., 270, 302, 311, 338, 395
Elan vital 26, 109
Embryonalentwicklung 251, 278, 329, 347, 364
Endprodukt (-hemmung) 262 f., 267 f., 321, 324 f.
Engramm(bildung) 47 f.
Ensemble 206, 226 f.
Entelechie 26, 42, 248, 275, 344
Entropie (-abbau, -aufbau) 60, 126, 141, 143 f., 144, 212, 216, 320, 334, 337 f., 346 f., 350, 369, 371 f., 386
– Informationskonzeption 143, 149 negative 153, 336, 338, 347 f., 350
Entwicklung (-prozeß, Höher-) 30 f., 54, 105, 166, 180, 202, 210, 322, 334 ff., 342, 346 f., 350, 351, 356 f., 377 ff., 381, 390, 392, 411
– als Einheit der Gegensätze 357
– und Schöpfung 381
Entwicklungsmöglichkeiten 180
Entwicklungsprinzip (-gedanke) 35. 165 f., 245, 357 f., 400, 402 ff., 406
Enzym(-system), (Fermente) 36, 44, 53, 57, 112, 242, 244 f., 249, 252, 255 f., 260, 264 f., 271, 311 f., 318, 321, 325, 327 f., 343, 361, 370 ff.
–,adaptives 154, 271
Enzymaktivität 253, 257, 265, 325 ff.
Enzymkette 258, 320 f.
Enzymkinetik 160, 177
Enzymprofil 270, 309
Enzymspezifität 261, 370 f.
Enzymstruktur 44, 258
Enzym-Substrat-Komplex 44, 372
Enzymsynthese 257, 265, 270 f.
Epigenese 31, 35, 52, 82, 235, 331, 336, 362, 363
Erbanlagen, Erbinformation 26, 47 f., 50, 57, 150, 235 f., 238, 244, 249, 271, 289 f., 330, 377
Erbeigenschaften, Erbmerkmale 377, 380
Erfahrung 195
Erkennen 292 f., 296
Erkenntnis (Kenntnis) 45, 90 f., 127 ff., 130, 158, 403
– -theorie 161, 180, 204 f., 206, 211, 214 f., 218, 220, 227, 381
– an Automaten 94 f.
Erkenntnisgrenze (Erkenntnisschranke) 28, 95, 111, 119, 213, 215, 217, 219, 225, 227
Erkenntnisprozeß 113, 125 f., 253, 287 f., 376, 422
Erkenntnisverzicht 28, 68, 111
Erythrozyt 157, 190, 257, 325, 328 f., 359,
Evolution 36, 47, 60, 75, 239, 251, 284, 259 f., 291, 317, 327, 338 f., 345 ff., 356 f., 379, 383 ff., 387 ff., 390, 391, 405, 406 f., 410 f.
Evolution der Makromoleküle 391 ff.
– als Optimierungsprozeß 73, 103, 399 ff.
– Gesetzmäßigkeiten der 410 ff.
– synthetische Theorie der 378 Existentialismus 402
Experiment 169, 173 f.
Faktisches 76, 86
Feedback-Inhibition 252, 263 ff., 293
Fließgleichgewicht 251, 259 320 ff., 330, 332, 348, 350
Führungsgröße 137, 139, 195

Ganzes und Teil (dialektische Einheit von –) 25, 28, 56, 90 f., 105, 116 f., 180, 221, 255, 367 ff.
Ganzheit 68, 89, 90 f., 104, 110, 114, 118, 132, 253, 370, 375
Ganzheitserregung 370, 376
Gedächtnis 101, 302 ff.
–,biologisches (Langzeit-) 87 f., 101
–, genetisches (phylogenetisches) 47
–, immunbiologisches 296 f.
neurales (psychisches) 47, 284, 301
Gehirn 79, 97, 99 f., 107, 142, 202, 213, 331, 370, 374
–, Eigenschaften (s. auch Widerspiegelung) 99 f.
Geistiges (Denken) 92, 95, 99, 101, 151, 154, 333, 376, 380, 420, 424
(Körperliches) (Leib-Seele-Problem) 97, 99, 165, 426
Gen 50, 228, 238, 249 f., 265 f., 269, 313, 334, 361, 363, 385
–, Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese 82, 249, 315
Genetik 83, 237, 245, 249 f., 360, 377 f.
Gesetz (-mäßigkeit) 26, 30, 50, 60, 72, 86, 121 f., 124 f., 151, 166, 178 ff., 184 ff., 207, 210 f., 213, 220, 228, 231, 385, 403, 406, 430
–, biologisches 57, 77 f., 88, 90, 93, 102, 108 f., 111, 117, 336, 352, 360, 379 f.
–, dynamisches 30, 179, 212 f., 222, 227, 230
–, physikalisch-chemisches 27, 67, 75 f., 79, 87, 102, 103, 108 f., 117, 343, 347, 355, 376
–, quantenphysikalisches 66 f., 117, 217 f.
– ,probabilistisches (Wahrscheinlichkeitsgesetz) 30, 179, 205, 213 f., 217, 223 f., 226, 228, 230 f., 326, 378, 381 f., 385, 408, 431
–, statistisches (korrelatives, stochastisches) 30, 179, 206 f., 208 f., 212 f., 221 f., 226, 228, 230, 352
Gleichgewicht, thermodynamisches 73
Glied (abstraktes, konkretes) s. Regler 140, 153 f., 184, 187 f., 197, 207, 345
– mit endlichem Gedächtnis 154
– mit festem Übertragungsverhalten 29, 139, 154, 187, 192
– mit variablem Übertragungsverhalten 154, 192 f.
Glykolyse 166 f., 168 f., 171, 259 f., 327 f.
Grundfrage der Philosophie 100, 311, 406, 424, 430, 437
Gruppenstruktur 111 f., 206, 343

Hämoglobin 42, 313
Hexokinase 327 f.
Homomorphismus (Homomorphie) 27, 81 f., 158, 159, 160, 164, 188, 204, 337, 363
Homöostase 133, 191, 259, 329 -
Homöostat 79, 197, 217, 221, 228, 345, 435
Hyperzyklus (-kreis) 355, 398 f.

Idealismus („biologischer“, objektiver, „physikalischer“, subjektiver) 97, 127, 180 f., 231, 382
I-Glied (vgl. Regler) 166, 188 f.
ID-Glied (vgl. Regler) 188

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Immunisierung (Immunbiologie) 284, 296 f., 307, 310, 334
Indeterminismus 28, 43, 67, 178, 185, 204, 215, 217, 231, 381
Individuum und Art 388 ff.
Induktion (Enzym-) und Repression 249, 265 ff., 269 ff., 338, 359 f.
Informatik 19 f., 439
Information 39, 55, 60, 04, 70, 74, 75, 76 f., 85, 99, 141 ff., 146 f., 149 f., 151 ff., 207 f., 210 f., 222, 235 ff., 244 f., 246, 249 f., 265, 288 f., 290 ff., 310 f., 310 ff., 334 ff., 348, 349 ff., 360 ff., 368, 373, 376, 384, 393 f., 401, 420 ff., 432 ff.
Aspekte (physikalische, pragmatische, semantische, syntaktische) 142. 207 f., 372 f., 391
–,genetische 235 ff., 244 f., 249 f., 266, 288, 317 f. 348, 360 ff., 395, 401, 432 ff.
– im lebenden System 55, 60, 149 f., 290 ff., 310 f., 316 ff., 334 ff., 349 ff., 373, 376, 384, 393 f., 421 f.
–-,technische 150, 151 ff.
Informationsaufnahme aus der Umwelt (Informationsgewinn) 196, 235, 334, 349 f., 383 f.
Informationsdegradierung (Informationsverlust) 48, 52, 102, 153, 207 f., 375, 386
Informationsentropie (Informationsmaß) 143 f., 148 f.
Informationsentstehung 86, 337, 394
Informationserzeugung 73, 103
Informationsgehalt 31, 52 f., 83 f., 93, 105, 143, 146, 149 f., 222, 235, 239, 323, 325, 331, 336, 361 ff., 368 f., 375, 377, 383, 385 f., 391
Informationspotential 60, 369, 373, 375 f., 434
Informationsspeicher(ung) (mechanische, nichtmechanische) (molekulare) 29 f., 47 ff., 54, 86, 101 f., 106, 131, 235, 236, 238, 250, 330 ff., 361, 376, 392, 432
Informationsstabilität (morphologische, Strukturstabilität) 46 ff., 54, 56 ff., 331
Informationstheorie 26, 131, 140 f., 143 f., 150, 348, 361, 368 f., 420 f.
Informationstransformation (Informationstransformator) 29, 86, 152, 153, 187, 196, 200, 211, 231, 249, 338, 361
Informationsübertragung(skanal, Kanalmodell) 131 f., 141 ff., 151, 235 f., 241 f., 248, 312, 351, 383, 392
Informationsverarbeitung(-stechnik) 44, 48, 131, 151 ff., 139, 187 ff., 192, 194, 200, 247, 290 ff., 310, 422
Informationsvermehrung 32, 76, 84 f., 95, 102, 142, 196; 203, 229, 231, 235, 334 ff., 338, 347, 350, 361, 375 f., 386, 394, 400
Innen und Außen 162, 164 f., 271, 379, 382, 423
Insulinstruktur 38 f.
Instruktion 283, 297, 299
Instruktionalisten 283 ff.
Integration 45, 93, 164
Invarianz 278, 285 ff., 290, 307, 309
Isomorphie (Isomorphismus) 81 ff., 102, 152, 158, 188, 222, 361

Kampf ums Dasein 377, 386
Kaskadenregelung 364
Kausalität 28, 42, 121 f., 124, 178 ff., 181, 184 ff., 211, 219, 255, 272, 275
– als unmittelbare Vermittlung 185 f.
–,mechanische (Newtonsche) 30, 42, 121, 185
–, phänomenologische 122 f.
Kausal(itäts)prinzip 121, 178, 185 f., 217, 230
Klasse, endliche (Prinzip der –) 106 ff., 111, 114, 122 f., 130, 204 f., 217, 219, 343
–, gesellschaftliche 129
Klassenspaltung 128
Komplementarität (verallgemeinerte, -prinzip) 28, 54, 65 ff., 68, 70, 104, 106, 108, 110 ff., 117, 118 ff., 122
Komplexität 72, 89, 92 ff., 95, 105, 149, 216, 2SS, 352
Konformation 264, 301, 318, 327
Konstanz, dialektische Einheit von – (Unveränderlichkeit, Ruhe) 46, 54 ff., 332 ff., 348
Korrespondenzprinzip(, ‚biologisches“) 55, 66, 86 f., 89 f., 96, 104, 220
Kraft und Stoff 99, 122, 421
Krebszyklus (Zitronensäurezyklus) 150, 261, 320
Kybernetik (Definition) 25, 75, 97, 131, 131, 163, 251, 329 f., 400
Labyrinthversuche 197
Lamarckismus (Neo-) 284, 377, 380, 382, 386
Laplacescher Geist 98, 106 ff., 126, 196 f., 212, 216
Leben (Lebensprozeß, Lebewesen) 26 f., 35 f., 54, 59, 77 f., 94 f., 221, 256. 333, 348 f., 385, 421
–, Definition 58, 60 f., 92
–, Eigenständigkeit(Eigengesetzlichkeit) 28, 92, 104 f., 109, 204
–, Entstehung 36, 72, 74, 342 ff., 345, 380 f., 391, 394, 401
– ohne Eiweiß 57, 92
Lebenskraft 109, 344 f., 356
‚Lebensmolekül“ 69, 392
Lernen (Lernverhalten, Lernprozeß) 195 ff., 201, 231, 235, 252, 276, 277, 334, 338, 369
–, maschinelles (Lernmatrix) 200, 294, 435
–, ontogenetisches 280, 286
–, phylogenetisches 280, 297
–; selektives 287, 297, 299, 308
Lern- und Wiedererinnerungsmechanismus 101, 271 f., 293 f.

Machismus 45
Makromolekül 35 f., 41, 44, 46 f., 52, 54, 88, 95, 149 f., 235, 249, 333, 343 f., 373
Materie (dialektisch-materialistischer, mechanischer, -begriff) 44 f., 55 f, 100, 113, 122, 180, 228, 380, 401, 420 f., 422
–, Selbstbewegung 180, 203, 228, 231, 273, 357
–, Strukturiertheit 45, 401
– und Bewußtsein 45, 97, 100
–,unerschöpfliche Möglichkeiten 70, 72, 122, 228, 386
Matrize (template) 48, 363
Maxwellscher Dämon 126
Mechanik, klassische 192, 212, 216, 218, 379
–, statistische 73 f., 143, 199, 216
Mechanismus 248 f.
Mechanismus-Vitalismus-Streit 68, 92, 95, 103 f., 116, 344, 414
Mechanizismus (Mechanismus) 77 f., 97 f., 103, 109 f., 118
Methode (analytische, dialektische, synthetische, vergleichende) 101, 153, 253, 255 f.
Milieu interieur (inneres –) 132, 150
Modell 27, 44, 52, 92, 96, 101, 131 f., 140, 154 ff., 161 f., 163 f., 168, 170, 173 f., 176, 196, 220, 257, 264, 325, 354
–, Automat als universelles (Simulation) 44, 89, 101, 132, 151 ff., 154, 160, 166, 177, 253, 257
– der Außenwelt (internes) 200 f.
– der Genwirkung 266
–, klassisches (anschauliches) 130, 220, 380, 385
–, kybernetisches 75, 101, 123, 422
–, mathematisch-logisches(Modellierung) 27, 154, 157

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

f., 160, 168 f., 172, 177, 188, 199, 253
–, stochastisches 154
–, technisches (stoffliches, gegenständliches) 109, 118, 150, 157 f., 188, 253, 257, 325
Modellierung, mathematische 27
Modellmethode (Modellierung) 27, 92, 102, 154 ff., 160 f., 164, 168, 176, 253, 256 f.
Modellvorstellung (Denkmodell) 44 f., 131 ff., 142, 151, 158, 202, 348
Möglichkeit, objektive, Einheit, Notwendigkeit und Zufall 28, 30
– (objektive, potentielle) 30, 70, 86, 118 ff., 121, 125, 129 f., 178, 180, 187, 204 f., 210, 213, 219 f., 222, 224, 226, 228, 229, 369 f., 373 385, 416
–,vorgegebene 146, 271, 368, 374
Molekularbiologie 25 f., 35 f., 39, 66, 75, 77, 83, 89, 150, 180, 235 f., 246, 249, 253, 301, 365, 377, 382 f.
–, zentrales Dogma der – 280 f., 253 286, 309, 317 ff.
Molekulargenetik 51, 297
Morphogenese 278
Mutation(-stheorie) 42, 53 f., 68, 135, 245, 266, 270, 313, 316 ff., 317, 377, 379, 382 f., 385, 387. 389, 392, 427
–, somatische 251, 300
–, spontane 381, 383
–, Zufallsrate oder – 389 f.
Nachrichtentechnik 131 f.
Nerven (-netz, -system, -zellen) 69, 92, 94, 100, 150, 197, 251, 297, 301 f., 305
Neues, Kategorie 31, 105, 210 f., 228, 230, 357, 377, 380
Neuronen (-ketten) 94, 100 f., 297, 303, 370, 375
Neurophysiologie 302
Nonsense-Triplett 246
Notwendigkeit, Kategorie (allgemeine und direkte) 178, 180, 186, 207, 210, 212 f., 222, 226, 229, 412
Notwendigkeit und Zufall (dialektische Einheit) 28 f., 72. 105, 178 ff., 204 ff., 211, 228, 289, 377 f., 381, 387, 393, 396, 406 f., 410, 412, 416
Nucleinsäure 62 f., 282, 285

Ontogenese 31, 82, 84, 86, 124 f., 203, 235, 331, 335 f., 357, 361 f., 375. 382, 387, 433
Operatorgen 266 f.
Operon 288, 385, 418
Ordnung(-sbegriffe, Entropie) 43 f., 50 f., 56 f., 60, 95, 143 f., 149, 208, 273, 336, 347, 350, 353, 364, 368, 369, 375, 379
Organisation 26, 43 f., 50, 56 ff., 60, 70, 92, 95, 100, 105, 109, 132, 149 f., 165, 202, 250, 272, 330, 337, 347, 363, 369, 378, 386, 421
– lebender Systeme 36. 41, 165, 291
–, molekulare 41, 352, 373
Organisiertheit (Grad, Niveau der Organisation) 57, 94, 96, 337, 348, 377 f., 369 f.
Organisationstheorie, vgl. auch Systemtheorie 56
Organismus und Umwelt (Prinzip der Einheit von –) 35, 115, 165, 182, 238, 334, 351, 373, 377, 382 ff.

Panpsychismus 423
Parameter, verborgener 225
Pasteureffekt 257, 260
Phycomyces 69
Phylogenese (Stammesgeschichte) 31, 86, 203, 335, 375, 376 ff., 380, 382, 385, 433
Physik, klassische 120, 128 f., 205, 215, 217 f., 225, 228, 348, 380 f.
–, „neue“ 66 ff., 77
– und Biologie 26, 65 ff., 73, 78, 89 f., 97 ff., 103, 356
– und Kybernetik 66, 74
Physikalismus 26, 65 f., 75, 77, 103
P-Glied (-Regler) 160, 166, 188 f.
PD-Glied (-Regler) 188
PfD-Glied (-Regler) 166, 188
Platonismus 427
Polypeptidketten 37, 243 f., 246, 249, 371, 392
Polysom 244
Positivismus 67, 104 113 118, 161, 178, 204, 211, 217 f., 226, 288, 380
Potentialität 119
Potenz (Aktivität), genetische 249 f., 266, 270
Präformation (Präformismus) 31, 35, 52, 82. 299 f., 331, 335, 356 ff., 360, 362 f., 432
Praxis 127 f., 419
Prinzip der Eigenbewegung der Materie 179 f., 230
– der Erkennbarkeit der Welt 161
– der materiellen Einheit der Welt 161, 179, 230, 245, 423
– des universellen (allgemeinen) Zusammenhangs 161, 179, 210 f., 230
Primärevolution 73
Probabilistik 85, 105, 213, 224, 226, 230, 363
Programm (Programmierung) 192 f., 195, 201, 208, 271, 295 f., 334, 391
Protein vgl. Eiweiß
Protoplasma 58
Prozeß, allgemeine Verlaufsformen 334 ff., 337
Psyche 97, 100, 426
Psychisches und Physisches 97 ff.

Qualität (Leben, -ssprung) 25, 58, 61, 82, 95, 103, 142, 165 f., 253, 350, 375, 385, 423
Quantengesetz 105
Quantenphysik (-mechanik, -theorie) 25, 29, 51, 66 ff., 71, 89 f., 104, 110 f., 117 f., 120, 125, 180, 205 f., 210, 213, 215 f., 220 f., 224 f., 227
–, Kopenhagener Deutung der – 119 ff., 218
–, Paradoxon der – 121, 218
Quantenstatistik 71

Rauschen 102, 153, 208 f., 210 f., 229, 230, 338
Reafferenz 135
Rechentechnik 92, 151
Reduktionalismus 65 ff.
Redundanz 153, 206, 208, 246, 361
Reduplikation (Replikation) 78, 236, 239 f. 312
Reflex (bedingter, Reflextheorie) 135, 196
Regelabweichung 139, 188 f., 194
Regeleinrichtung (Regelmechanismus) 52, 139, 188
Regelgröße 139, 190 f., 195
Regelkreis (-modell) 132 ff., 139 f., 160, 188 f., 194, 257 f., 329
Regelkunde, biologische 56, 133 f., 166, 207, 253
Regelung(-svorgänge) 31, 52, 58 f., 131 ff., 166, 195, 250, 302, 330, 422
Regelungstechnik (Regelungstheorie) 52, 131, 134, 140, 177, 188, 248, 262
Regler 58, 166, 188 ff., 260, 269
Regulation(-smechanismen) 30, 45, 53 ff., 56, 58, 60 f., 95, 166, 188, 246, 250 ff., 257 f., 324 f., 329 f., 334, 373
–, Atem. 188, 191, 260 f.
–, Blutzucker 140, 166, 188, 259
– der Eiweißsynthese (Genwirkung) 265 f., 270, 432
–, enzymatische 31, 59, 61
–, genetische 177, 249, 359 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

–, intraneurale 311
–, Kreislauf 188
– des Zellstoffwechsels (teleonomische –) 25, 30 f., 44, 60, 166, 251 ff., 255, 257 f., 264, 271, 275, 277, 321, 323 ff., 360, 374, 423, 432
Regulatorgen 266, 288, 364
Rekombination 54, 300
Reparatursystem 53, 317, 383
Replikation 51, 320, 393
Repressor 266 f., 269, 288
Sachregister 489
rescogitans, resextensa 97 f., 421
Ribonukleinsäure (RNS, m-RNS, r-RNS, t-RNS) 54, 61, 236 f., 241 ff., 248 f., 271, 312 ff., 318, 358, 360
RNS-Synthese 303, 311 f., 360
Ribosom (Polysom) 242 f., 249, 313, 315
Roulett, genetisches 300
Rückinformation 88, 284 f., 307, 309
Rückkopplung (Rückführschaltung) 44, 60, 73, 78, 135 f., 138, 139. 184, 187, 191 f., 197, 201, 249, 258 ff., 263, 273 f., 282, 315 f., 323, 326, 329, 331, 345,369
Ruhe (relative) 46, 182, 332 f., 337

Schlüssel-Schloß-Beziehung 370 ff.
Schrittmacher (-reaktion) 268, 324, 327
Selbstbewegung 400 f.
Selbstorganisation 60, 73, 131, 195 f., 202, 231, 286 308, 319, 335 f., 375, 400
Selbstregulation 253, 268 ff.
Selektion 71, 73, 229, 239, 270, 280, 284, 287, 289, 297, 299, 301, 334, 339, 341, 386, 388, 390, 393 ff., 401, 434 f.
Shannonsche Formel 148
Sichelzellenanämie 41, 313, 378, 382
Signal 60, 98, 141 f., 147 f., 152 f., 187, 265, 269, 326 f., 329, 373
Simulation 170 f., 173 ff., 177
Sollwert 139, 191, 194
Spezifität (– des Prozesses, Protein-, Gen-,molekulare –) 92 96, 112, 149 f., 241, 250, 313 ff., 320, 323, 370 ff., 378
Spiel nach Regeln 396
Spontaneität 28, 43, 166, 213, 350, 377, 380
Stabilität (biologischer Strukturen, dynamisch bedingte – ) 49, 51, 54 f., 82, 87 f., 150, 320, 332, 376, 386
– der Information (Erbinformation) 30, 48, 51, 54, 331
– des Speichermaterials 52, 88, 309 f., 332, 432
– und Plastizität 88, 150, 320 ff., 433
Statistik, klassische 190, 195 f., 213 f., 226 f.
Stellgröße 139, 189 f.
Steuerung (Steuereinrichtung) 30, 42, 52, 54, 57 f., 95, 131 ff., 136, 248, 266, 277, 422
Stoffwechsel (-reaktion. Zell-) 46 f., 49, 58 f., 100, 116, 154, 164, 166, 168 ff, 188, 241, 248, 251 ff., 265, 257, 263 ff., 275, 279 ff., 286, 316, 318, 323, 330 ff., 333, 335, 347, 361, 370 f., 376 Stoffwechselweg 150, 263, 324, 326
Störung (Störgröße) 111, 113, 120, 126 f., 129, 132, 138 f., 163, 186, 196, 226, 337, 376
Strukturalismus 62
Strukturen, dissipative 353 f., 367, 412
Struktur (Struktureinheit) 35, 40 ff., 43 f., 49, 54, 56, 59 f., 88, 104 f., 131, 142 f., 149, 164, 180, 196, 206, 207, 221, 229, 255 f., 331 ff., 336 f., 367, 369, 377, 401, 426
Strukturgen 265 f., 364
Strukturgesetz 336
Strukturiertheit, Prinzip der durchgängigen 35 f., 40 ff., 46, 47, 207, 373, 376, 385
Struktur und Prozeß (Funktion) 25 f., 31, 35 f., 42, 56, 59, 62 f., 64, 129, 187, 203, 336, 371
–, dialektische Einheit von–28, 35, 39, 47, 333 f.
–, Komplementarität von – 129 f., 205, 337
Stufenfunktion 192, 345
Subjektivismus 106 ff., 126, 162, 219, 226
Synapsen 47, 374
System (einfaches, komplexes, hochkomplexes) 60, 92 ff., 95 f., 109, 111, 128, 131, 161 f., 200, 204, 214 ff., 221, 228, 332, 382
–, abstraktes 102, 160, 170, 204, 338
–, elementares mit Rückwirkung 31, 258 f.
–, konkretes 141, 163, 170, 204, 338
–, kybernetisches, adaptives *25*, 96, 152, 191 f., 195, 201, 203, 265, 276, 329, 374
–, metabolisches 26
–, multistabiles, ultrastabiles 192, 344 f.
–, offenes, dynamisches (geschlossenes) 60, 182, 256 f., 269, 320, 329, 331, 346 ff., 350
–, selbstorganisierendes 139, 196 ff., 202 f. 221
System- und Organisationstheorie 56, 139, 267, 329 f.
Tabakmosaikvirus (TMV) 38, 236
Tätigkeit 226, 338
Teleologie (Wolffsche –) 43, 56, 178, 248, 272 f., 274 f., 277 f., 406, 415, 427
Teleonomie 137, 233, 278 f., 265 ff.
Thermodynamik (Hauptsätze) 44, 60, 73, 141, 206, 208, 212 f., 216, 221, 257, 259, 320, 338
Transformation, bakterielle 236 f.
Transkription 241 f., 266, 302, 320, 360
Translation 241 ff., 266, 317, 320, 360
Turingmaschine 79

Überführungsfunktion 152 f., 163
Übertragungsverhalten 29, 187 f., 192 ff.
Umwelt 60, 91 f., 116, 133, 160, 163 ff., 191, 197, 202 f., 271, 318, 334 f., 348, 349, 367, 373, 377 ff., 385
Unbestimmtheit(-srelation) 114, 120, 126, 214 ff., 227, 228
Urozean 396
Ursache (äußere, innere) 165, 374, 377 f., 380 ff., 385 f.
– und Wirkung (Gleichzeitigkeit von –) 182 f., 186, 273, 382

Variabilität (Veränderlichkeit) 46 ff., 53, 96, 105, 165, 193, 251, 333 f., 336, 374, 376 ff., 385 f.
Prinzip der Geringstveränderlichkeit 47, 49, 53, 104
Vererbung 39, 238, 279 ff., 284, 378, 383
–, erworbener Eigenschaften 271, 283,377
Verhalten(sweise) 41, 43, 45, 91 f., 94 f., 103, 107 f., 122, 152 f., 160 ff., 193, 199, 201, 216, 220, 231, 235, 252, 274 f., 336, 352, 381, 376
Verstärkertheorie 42, 67
Versuch und Irrtum (trial and error) 194, 197, 200
vis essentialis 356
Vitalismus 42, 56, 65 ff., 68, 74, 77 f., 88, 103, 104, 109 f., 118, 253, 342, 344, 348

Wahrheit, apriorische, objektive (-swert) 28, 46, 180, 419
Wahrscheinlichkeit (-sbegriff, -theorie) 29 f., 148 f., 205 f., 212 f., 221, 227 f., 229, 230, 333, 342 f., 377
Wechselbeziehung, Wechselwirkung (ganzheitliche, kollektive) 44, 54, 67, 179 ff., 185, 212, 221, 268, 264, 273, 280, 291 f., 327, 329, 363, 365, 370 ff., 382
–, dialektische Einheit spezifischer und unspezifischer – 105, 328, 370 ff., 374, 378

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

Wellenfunktion 118, 121
Welle-Korpuskel(-Dualismus) 67, 89, 106, 113 ff., 115 f., 119, 121, 180
Wertskala (Gütekriterium) 60, 201, 203
Wesen des Lebens 26, 65 f., 69, 113, 117
– und Erscheinung 161 f., 165 f., 211
Wertkonzept 103
Widerspiegelung 100, 127, 142, 291, 310, 391, 416, 420 ff., 425 f
Widerspruch (Widersprüchlichkeit), dialektischer (äußerer, innerer) 30, 72,
105, 130, 165, 180, 202, 213 f., 228,
230, 287 f., 360, 376, 377, 380, 386, 399
Wort (-länge -menge) 244 ff.

Zahl, immens große 107 f., 204 f.
Zeichen (-reihe, -vorrat) 142 ff., 238, 244 f.
Zeitfaktor 242 f., 385
Zellklone 366
Zufall (Theorie der -sprozesse) 29 ff., 44, 75, 180, 185 f., 193 ff., 196, 204 ff., 209 f., 213 ff., 217, 220, 225 226, 283, 290, 343, 373, 386, 387, 390, 397, 403, 406 f., 413
–, absoluter 397, 404, 413
– als aufbauendes Element 211, 229, 230, 413
– als Einschränkung der Aussagefähigkeit 204, 214 ff.
– als Störung 204 f., 206, 210 f., 229, 230
– in dialektischer Einheit mit der Notwendigkeit siehe objektive Möglichkeit
Zusammenhang, allgemeiner (universeller) 90, 113 ff., 116, 180, 183, 205, 209 f., 227, 229, 255 f., 380
–, allgemein-notwendiger, notwendiger 29, 182 f., 185 f., 206, 209
–, Elementarformen 182 f., 186
–, gesetzmäßiger siehe Gesetz
–, historischer 36, 210
–, teleonomischer 136, 266, 278

Zweck(-mäßigkeit) (Zielstrebigkeit) 56, 59, 78, 132, 241, 253, 265, 272 ff., 275, 277
Zygote (Keimzellen) 62, 82, 124 f., 222, 331, 336, 361
Zytoplasma 360

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig – 18.04.2015

*OCR-Texterkennung*
*Max Stirner Archiv*
*Leipzig*
*18.04.2015*