

III. Kühlungsborner Kolloquium

PHILOSOPHISCHE UND ETHISCHE PROBLEME DER MOLEKULARBIOLOGIE

Veranstaltet von der Gesellschaft für physikalische und mathematische Biologie der DDR und dem Forschungszentrum für Molekularbiologie und Medizin der Akademie der Wissenschaften der DDR vom 1. bis 4. Oktober 1972

Herausgegeben von

E. GEISSLER, A. KOSING,
H. LEY und W. SCHELER



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN
1974

Verantwortlich für die Herausgabe des Tagungsberichtes:

Prof. Dr. ERHARD GEISSLER, Berlin

Prof. Dr. ALFRED KOSING, Berlin

Prof. Dr. HERMANN LEY, Berlin

Prof. Dr. WERNER SCHELER, Berlin

Redaktionelle Bearbeitung:

Dipl. Phys. MANFRED KOCH, Berlin

Erschienen im Akademie-Verlag, 108 Berlin, Leipziger Str. 3—4

© Akademie-Verlag, Berlin, 1974

Lizenznummer: 202 · 100/524/74

Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, 74 Altenburg

Bestellnummer: 761 920 6 (6171) · LSV 1315

Printed in GDR

EVP 28,—

Inhaltsverzeichnis

GEISSLER, E.: Einführung	1
LEY, H.: Gesetz und Entwicklung in speziellen Naturprozessen	9
ROSENTHAL, S., S. M. RAPOPORT, H. A. ROSENTHAL, K. FUCHS-KITTOWSKI: Zu einigen aus den Erkenntnissen der Molekularbiologie ableitbaren theoretischen Verallgemeine- rungen	19
Diskussion	39
FUCHS-KITTOWSKI, K., K. GÜNTHER: Probabilistische Gesetzmäßigkeit, Selbstorganisa- tion und Evolution	55
Diskussion	77
PASTERNAK, G.: Determiniertheit immunbiologischer Prozesse	93
Diskussion	103
DUBININ, N. P.: Neue Kategorien der Evolution des Menschen	115
STEENBECK, M.: Philosophische und ethische Probleme der Molekularbiologie	131
Diskussion	138
BACH, H.: Mögliche humangenetische Maßnahmen und ihre Problematik	167
DIETL, H.-M., H. GAHSE: Philosophisch-ethische und soziale Aspekte humangenetischer Maßnahmen in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft	181
Diskussion	194
JUNG, F., H. REIN: Manipulation des Bewußtseins durch Drogen	215
Diskussion	224
KOSING, A.: Molekularbiologie und Einheit der Wissenschaft	231
Diskussion	245
SCHELER, W.: Schlußwort	257
Verzeichnis der Vortragenden und Diskussionsteilnehmer	263

Einführung

ERHARD GEISSLER

Forschungszentrum für Molekularbiologie und Medizin der Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Molekularbiologie Berlin-Buch

Wir finden uns nun schon zum zweiten Mal im Ostseebad Kühlungsborn zusammen¹⁾, um über philosophische und ethische Probleme der modernen Biologie zu diskutieren. Dabei sind wir froh darüber, dieses Kolloquium gemeinsam mit einem Vertragspartner unserer Gesellschaft für physikalische und mathematische Biologie der DDR, mit dem Forschungszentrum für Molekularbiologie und Medizin der Akademie der Wissenschaften der DDR durchführen zu können.

Wie bereits vor zwei Jahren vereinen sich Naturwissenschaftler, Philosophen, Gesellschaftswissenschaftler und Kunstschaffende zu dieser Diskussion. Daß derartige interdisziplinäre Begegnungen dringend notwendig sind, wurde erst kürzlich sehr überzeugend von KURT HAGER [1] aufgezeigt, der in seiner richtungsweisenden Vorlesung über „Sozialismus und wissenschaftlich-technische Revolution“ vor leitenden Kadern der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands u. a. ausführte: „Die Rolle der Wissenschaft bei der Umgestaltung der gesellschaftlichen Produktion und ihr Einfluß auf alle Seiten des gesellschaftlichen Lebens ist unermesslich gewachsen. Wie nie zuvor kommt es bei der Lösung dieser Probleme darauf an, die Bemühungen der Naturwissenschaften, der technischen Wissenschaften und der Gesellschaftswissenschaften zu vereinigen.“

Und an anderer Stelle geht HAGER ganz konkret auf das Thema ein, das uns hier in Kühlungsborn die folgenden drei Tage beschäftigen wird: „Die Fortschritte in der noch jungen Molekularbiologie haben wesentlich neue Erkenntnisse über die Lebensprozesse gebracht und den Fortschritt in anderen Bereichen der Biologie entscheidend vorangetrieben ... In der Tat hat die Anwendung neuer molekularbiologischer Methoden und Konzeptionen in der Biologie ... zur Aufhellung des materiellen Wesens der Vererbungsprozesse (geführt). Diese Erkenntnisse sind von großer Bedeutung für viele andere Wissenschaftsdisziplinen und werfen — wie die Möglichkeit des gezielten Eingriffs in das Erbgeschehen — in weltanschaulicher und ethischer Hinsicht neue Probleme auf, die von der marxistisch-leninistischen Philosophie beantwortet werden müssen.“

Und dazu soll auch unser III. Kühlungsborner Kolloquium wieder einen Beitrag liefern. Dabei betrachte ich es gegenüber der 1970er Tagung [2] als sichtbaren

¹⁾ Das I. Kühlungsborner Kolloquium war das V. Internationale UV-Kolloquium über „Grundlagen der UV-Wirkung“ 1969.

Fortschritt, daß diesmal zwei Hauptvorträge gehalten werden, die als Gemeinschaftsarbeit von Naturwissenschaftlern und Philosophen entstanden, den Beitrag „Zu einigen aus den Erkenntnissen der Molekularbiologie ableitbaren Gesetzen“, der von zwei Biochemikern — S. M. RAPOPORT und SINAIDA ROSENTHAL —, einem Virologen — H. A. ROSENTHAL — und einem Philosophen — KLAUS FUCHS-KITTOWSKI — ausgearbeitet wurde. Unser Freund und Vorstandsmitglied FUCHS-KITTOWSKI (und vielleicht sollte im Hinblick auf das Thema unserer Tagung wirklich nicht unerwähnt bleiben, daß ein Philosoph gewähltes Mitglied des Vorstandes unserer Gesellschaft für physikalische und mathematische Biologie ist) hat ferner mit einem theoretischen Physiker — KLAUS GÜNTHER — einen Vortrag über „Probabilistische Selbstorganisation und Evolution“ vorbereitet.

Überhaupt glaube ich, daß wir in diesem Jahr noch mehr zum direkten Gespräch miteinander kommen werden als das noch vor zwei Jahren der Fall war: Blättert man den Tagungsbericht des II. Kühlungsborner Kolloquiums [2] durch, so muß man zumindest in den Vorträgen, teilweise sogar auch in den Diskussionsbemerkungen ein gewisses Nebeneinander feststellen. Wir haben versucht, das diesmal dadurch zu vermeiden, daß wir allen Hauptvortragenden und den zur Diskussion aufgeforderten Kollegen noch vor der Tagung die Thesen der Hauptvorträge zugesandt haben, und daß alle Kolloquiumsteilnehmer die Thesen der Vorträge bei der Anmeldung in Kühlungsborn ausgehändigt bekamen.

Leider konnte der Beschluß zur Durchführung dieses Kolloquiums aus verschiedenen Gründen erst im Mai dieses Jahres, also erst vor außerordentlich kurzer Zeit gefaßt werden, und die Konzipierung des Programmes erfolgte erst Anfang Juni. Trotzdem haben wir doch ein recht vielseitiges Tagungsprogramm zusammenstellen können, und ich möchte an dieser Stelle all denen, die sich an der Vorbereitung dieser Konferenz beteiligten — vor allem den Kollegen K. FUCHS-KITTOWSKI, A. KOSING, H. LEY, R. LÖTHER und W. SCHELER und vor allem auch den unermüdlischen Mitarbeitern des Sekretariats unserer Gesellschaft, Frau A. KOLLAT und Kollegen M. KOCH — sehr herzlich für ihre Bemühungen danken. Danken möchte ich auch den Kollegen, die so kurzfristig bereit waren, Hauptvorträge oder angeforderte Diskussionsbeiträge zu übernehmen.

Unser III. Kühlungsborner Kolloquium findet am Vorabend des 50. Jahrestages der Gründung der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken statt, und auch aus diesem Grund sind wir besonders glücklich, daß einer der bekanntesten sowjetischen Wissenschaftler, der Direktor des Instituts für allgemeine Genetik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, NIKOLAI PETROWITSCH DUBININ, unserer Einladung gefolgt ist und hier unter dem Titel „Neue Kategorien in der Vererbung des Menschen“ erneut zu dem von ihm zur Diskussion gestellten Problem des Verhältnisses von biologischer und „sozialer“ Vererbung Stellung nimmt, zu einem Thema also, das die beiden hier zu behandelnden Problemkreise harmonisch miteinander verbindet. Natürlich freuen wir uns andererseits auch sehr darüber, daß wir zu diesem Thema keinen geringeren als den Vorsitzenden des Forschungsrates der Deutschen Demokratischen Republik, MAX STEENBECK, als Koreferenten gewinnen konnten!

Bei der Vorbereitung des III. Kühlungsborner Kolloquiums ist gelegentlich zu bedenken gegeben worden, daß derartige Diskussionen nicht sonderlich fruchtbar und deshalb zur Zeit überflüssig seien. Wir konnten uns dem nicht anschließen, und wir glauben auch aus dem übergroßen Interesse, das unser III. Kühlungsborner Kolloquium fand (so daß wir diesmal außerstande waren, alle Anmeldungen zu berücksichtigen), folgern zu können, daß wir mit dieser Meinung nicht allein stehen. Selbstverständlich bilden wir uns nicht ein, daß auf dieser Tagung auch nur einige Probleme zu aller Zufriedenheit gelöst werden können — wir sind aber auch sicher, daß unser Kolloquium dennoch von großem Nutzen sein wird, weil es auf sehr breiter Basis Natur- und Gesellschaftswissenschaftler in Kontakt und ins Gespräch bringt, und weil von ihm ganz sicher Impulse und Denkanstöße ausgehen, die dann im kleinen Kreis intensiv bearbeitet werden und gegebenenfalls auch zu Lösungen und zu neuen Problemen führen, die dann möglicherweise auf einem späteren Kühlungsborner Kolloquium zur Diskussion gestellt werden könnten.

Wir haben auf dem II. Kühlungsborner Kolloquium das Problem der Verantwortung des Wissenschaftlers vor allem ausgehend vom Standpunkt der biologischen Kriegsführung diskutiert. Hier hat sich in den vergangenen zwei Jahren Entscheidendes getan: Am 5. August 1971 legten die UdSSR und die USA der Genfer Konferenz des Abrüstungsausschusses einen gemeinsamen Vertragsentwurf über das Verbot der Entwicklung, Produktion und Lagerung von bakteriologischen (biologischen) und toxischen Waffen und deren Vernichtung vor, der rechtlich sicherstellen sollte, daß diese für die Menschheit bedrohlichsten Arten von Kampfmitteln vollständig aus den Waffenarsenalen sämtlicher Staaten eliminiert werden. Am 28. September 1971 wurde dann von den Staaten des sozialistischen Lagers sowie von den USA, Kanada, Italien, den Niederlanden und Großbritannien ein überarbeiteter Entwurf einer „Konvention über das Verbot der Entwicklung, Herstellung und Lagerung von bakteriologischen (biologischen) und Toxin-Waffen und über ihre Vernichtung“ vorgeschlagen, der bald darauf von der Vollversammlung der Vereinten Nationen behandelt und am 10. April 1972 ratifiziert wurde¹⁾.

Wissenschaftler hatten an dieser Aktion einen hervorragenden Anteil — wir haben dies schon vor zwei Jahren ausführlich diskutiert. Unter anderen fand in der

¹⁾ Die Regierung der Deutschen Demokratischen Republik hat dazu am 16. Oktober 1972 ein „Gesetz zu der Konvention über das Verbot der Entwicklung, Herstellung und Lagerung von bakteriologischen (biologischen) und Toxin-Waffen und über ihre Vernichtung“ verkündet [3].

Dagegen weist R. FINEBERG in einem Beitrag über „Die Vereinigten Staaten setzen Arbeiten über CBW fort“ [4] nach, daß die USA nicht nur weiterhin an der Entwicklung chemischer Waffen (die von der Konvention ausgeklammert sind) arbeiten, sondern auch Untersuchungen zur biologischen Kriegsführung fortsetzen sowie im Fort McClellan Chemical Center and School ausländisches Militärpersonal in Strategie, Taktik und Technik chemischer und biologischer Waffen ausbilden, obwohl sie zusammen mit 90 Nationen die Konvention unterzeichnet und im August dem Senat vorgelegt haben.

Zeit vom 21. bis 23. November 1971 in der Hauptstadt der DDR eine Konferenz der Weltföderation der Wissenschaftler über „Die aus den ABC-Waffen erwachsenden Gefahren, die realen Möglichkeiten der Abrüstung und die Verantwortung der Wissenschaftler“ statt, an der auch einige Teilnehmer des II. Kühlungsborner Kolloquiums — STEENBECK, LOHS, VON WEIZSÄCKER und GEISSLER — mit Vorträgen aktiv beteiligt waren.

Das Problem der Verantwortung des Wissenschaftlers stellt sich für die Molekularbiologen aber noch in einem ganz anderen Zusammenhang dar. Schon in meiner Einleitung zum II. Kühlungsborner Kolloquium konnte ich darauf hinweisen, daß in letzter Zeit auf dem Gebiet der Molekularbiologie einige geradezu spektakuläre Erfolge erzielt wurden, die Eingriffe in das genetische Material des Menschen in den Bereich des Möglichen rücken lassen.

Auch in den vergangenen zwei Jahren wurden weitere Ergebnisse dieser Art publiziert:

Genetische Defekte *in vitro* kultivierter Säugerzellen können durch intraspezifische und interspezifische Zellfusion korrigiert werden. Unter anderem gelang es HARRIS und seinen Mitarbeitern [5], Mäusezellen, die zur Synthese des Enzyms Inosinsäurepyrophosphorylase unfähig waren, was dem sog. Lesch-Nyhan-Syndrom des Menschen entspricht, durch Fusion mit Hühnerzellen zu kurieren. Ähnliche Fusionen wurden mit Mäuse- und Hamsterzellen, sowie mit Frosch- und Mäusezellen durchgeführt, und gegenwärtig laufen Versuche, das verantwortliche Gen von Hühnerzellen in menschliche Zellen zu überführen.

MERRIL und Mitarbeitern [6] gelang es, Zellen von Galaktosämie-Patienten, denen das Enzym Galaktose-1-Phosphat-Uridyl-Transferase fehlt, durch Behandlung mit transduzierenden lambda-Bakteriophagen zu kurieren, wobei die Produktion des funktionsfähigen Enzym durch ein Bakteriengen gesteuert wird.¹⁾ Daneben laufen in mehreren Laboratorien intensive Untersuchungen über den Transfer von genetischem Material durch sog. Pseudovirions (z. B. 7). Dabei handelt es sich um bestimmte tierische Viren, deren Nachkommen auf Grund fehlerhafter Morphogenese-Prozesse in ihren Eiweißhüllen keine Virus-Nukleinsäure, sondern DNS der Wirtszelle enthalten. Diese Spender-DNS von der Größe einiger Gene wird von den Pseudovirions in hochmolekularer Form in Empfängerzellen eingeführt und wenigstens zum Teil im Zellkern freigesetzt. Auf diese Weise gelingt es u. a. auch, Mäuse-DNS in die Kerne menschlicher Zellen zu transferieren [7].

Damit ist zumindest in biochemischen Maßstäben eine Methode zur Übertragung von Genen auch auf menschliche Zellen möglich, die dem Prozeß der sog. allgemeinen Transduktion weitgehend ähnelt. Deshalb meinen APOSHIAN und Mitarbeiter [7]: „Unsere Beobachtungen, daß Polyoma-Pseudovirions in embryonale menschliche Zellen eindringen, enthüllt und mit der Kernfraktion nachweisbar werden, rückt das Konzept einer Gentherapie des Menschen noch weiter aus dem

¹⁾ Während der Drucklegung dieses Berichtsbandes wurde allerdings bekannt, daß sich die Befunde von MERRIL et al. nicht reproduzieren lassen.

Bereich der science fiction und noch näher an die Realität. Selbst die skeptischsten Beobachter denken jetzt an fünf oder zehn Jahre und nicht an 50 oder 100 Jahre, bis DNS zur Behandlung vererbter Erkrankungen des Menschen durch Gentherapie eingesetzt wird, obwohl noch nicht alle technischen Probleme gelöst sind.“ Schließlich ist vor einiger Zeit bereits mitgeteilt worden, daß versucht worden ist, die Hyperargininämie [8] des Menschen auf analoge Weise zu behandeln. Die Hyperargininämie ist auf den Mangel des Enzyms Arginase zurückzuführen, eines Enzyms, das auch durch ein — offensichtlich für den Menschen völlig ungefährliches — Tumovirus, des Shope-Papillom-Virus gebildet wird. Allerdings schlugen diese Versuche — möglicherweise aus technischen Gründen — bisher fehl [9]. Aussichten auf eine spezifische Transformation auch von Säugerzellen mittels bestimmter genetisch aktiver DNS-Sequenzen eröffnen sich vor allem durch den erfolgreichen Nachweis, daß mit Hilfe des Enzyms Umkehrtranskriptase, die eine RNS-abhängige DNS-Synthese steuert, von isolierter mRNA ausgehend spezifische Gene in vitro halbsynthetisch hergestellt werden können [10–12]. Mit dieser Methode dürfte man sehr viel schneller zur in vitro-Synthese gewünschter Gene gelangen als mit der hier schon vor zwei Jahren erwähnten Methode der Gen-Totalsynthese durch KHORANA und Mitarbeiter.

Gerichtete Eingriffe in das genetische Material des Menschen sind also bei in vitro kultivierten Zellen heute bereits reproduzierbar möglich und dürften in naher Zukunft auch beim menschlichen Organismus praktiziert werden können — wir werden vor allem an unserem zweiten Verhandlungstag Gelegenheit haben, ausführlich zu diesen Dingen Stellung zu nehmen und vor allem ihre ethisch-moralischen Konsequenzen und Voraussetzungen zu diskutieren.

Erlauben Sie mir, abschließend JOHN BECKWITH zu zitieren — dessen Gruppe es 1969 bekanntlich gelang, erstmals ein bestimmtes Bakteriengen zu isolieren —, der sich in einer 1971 publizierten Rede [13] anlässlich seiner Auszeichnung mit dem Eli-Lilly-Preis mit dem Problem des Mißbrauchs der Wissenschaft im kapitalistischen System beschäftigte. BECKWITH sagte u. a.: „Es wäre fast trivial, wollte ich jetzt alles aufzählen, was die Wissenschaft zu den vielen Übeln beigetragen hat, mit denen wir und die Völker der ganzen Welt gegenwärtig konfrontiert sind. Es genügt, fast jeden Morgen die Zeitung in die Hand zu nehmen und zu überlegen, wie viele der behandelten Probleme mehr oder weniger direkt auf die Arbeit zurückzuführen sind, die wir Wissenschaftler leisten oder geleistet haben. Eins der schrecklichsten Dinge in der jüngsten Geschichte war die Nutzung grundlegender wissenschaftlicher Erkenntnisse für die Entwicklung der atomaren Vernichtungswaffen. Der Versuch, mit Hilfe einer überlegenen Technik ein Volk in Südostasien auszurotten, sollte die Wissenschaftler aufrütteln, über dieses Problem nachzudenken. Ich glaube, heutzutage kann kein Wissenschaftler mit ruhigem Gewissen sagen, daß seine Arbeit immun gegen einen solchen Mißbrauch sei. Ich kenne Beispiele der Arbeit auf dem gleichen Gebiet wie dem meinigen, die zeigen, daß Fortschritte, die die Grundlagenforschung auf dem Gebiet der bakteriellen Genetik erzielte, schließlich der Entwicklung abscheulicher biologischer Waffen zugute kommt. Obwohl wir vor kurzem unseren Befürchtungen

über eventuelle Fortschritte der Genetik Ausdruck verliehen, die zum Mißbrauch von Verfahren der Eugenik und des *genetical engineering* führen könnten, wissen wir auch, daß immer die Möglichkeit besteht, auf ganz andere und unerwartete Weise negativen Gebrauch von den Ergebnissen der genetischen Forschung zu machen.

Was ich sagen möchte, ist dies: Die Wissenschaft wird in den Händen derer, die dieses Land regieren und unsere Industrie leiten, dazu benutzt, die Menschen in der ganzen Welt und in diesem Lande auszubeuten und zu unterdrücken.“

Und BECKWITH kommt zu dem Schluß: „Ich meine, wir sollten erkennen, daß diese Probleme kein Versehen einer bestimmten Regierung oder bestimmter Industriezweige in unserem Lande sind, sondern tatsächlich ein unvermeidbares Ergebnis eines Systems, das sich auf den Maximalprofit gründet. Wenn Sie mir zustimmen, daß wir für den Mißbrauch unserer Arbeit mitverantwortlich sind, dann müssen Sie meiner Meinung nach auch zugeben, daß es zu einer radikalen Veränderung der Gesellschaft kommen muß, bevor wir aus unserer Verantwortung entlassen werden können.“

Schließlich bietet Kühlungsborn wieder die einmalige Gelegenheit, auf ganz breiter Front, — etwa dem Motto unserer gemeinsam mit dem Zentralen Klub der Gewerkschaft Kunst in Berlin regelmäßig durchgeführten Freitagsgespräche „Sozialismus, Naturwissenschaft und Kunst“ folgend — Wissenschaftler und Künstler sich begegnen zu lassen. Alle Teilnehmer des II. Kühlungsborner Kolloquiums erinnern sich noch lebhaft der interessanten Studioaufführung der ZIMMERMANN-Oper „Die zweite Entscheidung“ und der sich anschließenden Diskussion mit dem Librettisten und den Theaterleuten. Deshalb sind wir froh, auch zum III. Kühlungsborner Kolloquium wieder eindrucksvolle Kunst-erlebnisse vermitteln zu können:

Am Vorabend des Kolloquiums stellt Professor MAETZIG seinen neuesten Film „Januskopf“ — in dem es um Probleme des Mißbrauchs der Genetik und des Engagements sozialistischer Wissenschaftler geht, auch diese Disziplin ausschließlich zum Wohle des Menschen zu bearbeiten — zur Diskussion, zwei Abende später liest DIETER NOLL aus seinem neuen Roman „Die Kippenbergs“ Kapitel, von denen man (natürlich fälschlicherweise) den Eindruck haben wird, sie seien eigens für diese Tagung und ihre Teilnehmer geschrieben worden, und schließlich kann man in den Tagungsräumen eine Ausstellung mit Gemälden, Graphiken und Kleinplastiken Rostocker Künstler bewundern, die während des Gesellschaftsabends von JOACHIM JASTRAM, dem Vorsitzenden des Rostocker Bezirksverbandes bildender Künstler zusammen mit ihren Schöpfern vorgestellt werden, und während des Verlaufs der ganzen Tagung besteht Gelegenheit, nicht nur mit KURT MAETZIG und DIETER NOLL, sondern auch mit CHRISTA WOLF, ERIK NEUTSCH, SIEGFRIED PITSCHMANN, LOTHAR WARNECKE und anderen bekannten Autoren und Künstlern zu diskutieren.

Aus allen genannten Gründen bin ich sicher, daß alle Voraussetzungen dafür vorhanden sind, während dieses III. Kühlungsborner Kolloquiums eine fruchtbare Diskussion über die philosophischen und ethischen Probleme der Molekularbiologie führen zu können.

Literatur

- [1] HAGER, K., Sozialismus und wissenschaftlich-technische Revolution. Dietz Verlag Berlin 1972
- [2] GEISSLER, E. und H. LEY (Herausg.), Philosophische und ethische Probleme der modernen Genetik. Akademie-Verlag Berlin (1972)
- [3] Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik, Teil I, Nr. 19 vom 20. 10. 1972, 267
- [4] FINEBERG, R., *New Scientist* **56** (1972) 501
- [5] SCHWARTZ, A. G., COOK and HARRIS, *Nature New Biol.* **230**, 5
- [6] MERRIL, C. R., M. R. GEIER and J. C. PETRICCIANI, *Nature* **233** (1971) 398
- [7] APOSHIAN, H. V., P. K. QASBA, J. V. OSTERMANN and A. WADDELL, *Federat. Proc.* **31** (1972) 1310
- [8] TERHEGGEN, H. G., A. SCHWENK, A. LOWENTHAL, M. VAN SANDE and J. P. COLOMBO, *Z. Kinderheilk.* **107** (1970) 298
- [9] TERHEGGEN, H. G., persönl. Mitteilung (1971)
- [10] VERMA, I. M., G. F. TEMPLE, H. FAN and D. BALTIMORE, *Nature New Biol.* **235** (1972) 165
- [11] KACIAN, D. L., S. SPIEGELMAN, A. BANK, T. TERADA, S. METAFORA, L. DOW and P. A. MARKS, *Nature New Biol.* **235** (1972) 167
- [12] ROSS, J., M. AVIVI, R. SCOLNICK and P. LEDER, *Proc. US Nat. Acad. Sci.*, **69** (1972) 264
- [13] BECKWITH, J., *Wissenschaftliche Welt* **15** (1971), Nr. 2, 3
- [14] ABC-Waffen, Abrüstung und Verantwortung der Wissenschaftler. Report über eine internationale Konferenz der Weltföderation der Wissenschaftler 1971. Herausgegeben vom Zentralvorstand der Gewerkschaft Wissenschaft für die Weltföderation der Wissenschaftler.

Gesetz und Entwicklung in speziellen Naturprozessen

HERMANN LEY

Sektion Marxistisch-Leninistische Philosophie der Humboldt-Universität Berlin

In speziellen Naturprozessen nach Gesetz und Entwicklung zu fragen, verweist auf eine weltanschauliche und eine erkenntnistheoretische Komponente. Auf materialistischer Position ist vorausgesetzt, daß in der außerhalb und unabhängig vom menschlichen Bewußtsein vorhandenen objektiven Realität Gesetze vorhanden sind und daß durch deren Vorhandensein sich Entwicklung ausbildet.

Platonistisch ist die Meinung einzustufen, die Gesetze hätten wie die wesenhaften Eigenschaften der Dinge als Ideen selbständige Existenz vor der objektiven Realität. Als materialistisch haben sich in der Geschichte der Einzelwissenschaften und der Philosophie solche Auffassungen durchgesetzt, die Gesetze befänden sich in den Dingen und Prozessen sowie nach den Dingen und Prozessen. Insofern bilden die im Bewußtsein sich als Wissenschaft darstellenden Sachverhalte objektive Vorgänge ab.

Für DEMOKRIT ist bereits charakteristisch, von den Sinneserscheinungen als den Grundlagen der Erkenntnis auszugehen, um hinter dem von den Sinnen erarbeiteten Material Objekte und Beziehungen hypothetisch zu erschließen, die als objektiv existierend angenommen werden. Es handelt sich um hypothetische Vermutungen. FRIEDRICH ENGELS schreibt deshalb:

„Die Entwicklungsform der Naturwissenschaft, soweit sie denkt, ist die Hypothese. Eine neue Tatsache wird beobachtet, die die Erklärungsweise der zu derselben Gruppe gehörenden Tatsachen unmöglich macht. Von diesem Augenblick an werden neue Erklärungsweisen Bedürfnis — zunächst gegründet auf nur beschränkte Anzahl von Tatsachen und Beobachtungen. Ferneres Beobachtungsmaterial epuriert diese Hypothesen, beseitigt die einen, korrigiert die anderen, bis endlich das Gesetz rein hergestellt. Wollte man warten, bis das Material fürs Gesetz rein sei, so hieße das, die denkende Forschung bis dahin suspendieren, und das Gesetz käme schon deswegen nie zustande.“ [1]

Naturgesetze gelten zunächst einfach als Regelmäßigkeiten. Sie finden historisch ihre Einreihung in die Kategorie der Universalien. Folgerichtig bezeichnet ENGELS diesen Sachverhalt mit den Worten:

„Die Form der Allgemeinheit in der Natur ist Gesetz“ [2].

Spezielle Theorien haben aber ein kennzeichnendes Ergebnis. Eine Theorie „verwandelt sich mit ihrer allgemeinen konsequenten Durchführung auf alle

Naturerscheinungen in eine geschichtliche Darstellung der in einem Weltsystem von seiner Entstehung bis zu seinem Untergang nacheinander vorgehenden Veränderungen, also in eine Geschichte, in der auf jeder Stufe andere Gesetze, d. h. andere Erscheinungsformen derselben universellen Bewegung herrschen ...“ [3]

Unter historisch veränderten Bedingungen vermögen andere Gesetze bestimmend zu werden. LENIN bezeichnet im Anschluß an HEGEL das Gesetz als wesentliches Verhältnis [4].

Der historische Charakter von Gesetzen legt sich auseinander in die als gesetzmäßig sich ergebende Entwicklung der Natur und der Gesellschaft sowie die Entwicklung des Wissens von diesen Prozessen und Objektbereichen. Zugehörig ist außerdem die Entwicklung der weltanschaulich-methodologischen Grundlegung, die im dialektischen und historischen Materialismus ihre reife Entfaltung gefunden hat.

Die Entwicklung der Natur selbst trifft sich mit der Entfaltung der wissenschaftlichen Erkenntnis. In der verschiedentlich aufgeworfenen Frage, ob denn Wissenschaft nicht bloß mit Begriffen zu tun habe und sich selbst in Begriffen darstelle, also niemals die Natur in ihrer konkreten Mannigfaltigkeit erreiche, zeichnet sich ein spezifischer Agnostizismus ab. Die im Bewußtsein entworfenen Gesetze beziehen sich auf das Allgemeine innerhalb der natürlichen Mannigfaltigkeit. Es läßt sich gemeinhin als Struktur bezeichnen. Die in empirischen Disziplinen im Experiment getesteten und in einigem Umfang bestätigten Hypothesen approximieren sich asymptotisch der Vielzahl möglicher Strukturen, d. h. wesentlicher Verhältnisse. In ihnen bilden Merkmalskonfigurationen die charakteristischen Muster, deren Erarbeitung theoretisches Denken voraussetzt. Die bei ihrer Produktion benutzten Merkmale sind aus der Mannigfaltigkeit herausgegriffen, unterliegen selbst einem historischen Prozeß, in den nicht zuletzt die Entwicklung der Produktionsinstrumente und damit des Experimentiergerätes eingeht. Die auf einem bestimmten Entwicklungsstand der Produktionsinstrumente und des Wissens entworfenen Hypothesen vermögen dem vorhandenen Rang des Experimentiergerätes durchaus voranzugehen, d. h. sie erweisen sich erst als testbar, wenn die sich als erforderlich erweisenden Experimentierbedingungen realisieren lassen. Diese wiederum vermögen der Umsetzung in gesellschaftlich anwendbare Produktivkraft voranzugehen. So war der Nachweis der Bindungsfähigkeit von Edelgasen abhängig von der Herstellung von Glassorten, die den hypothetisch vorausgesagten chemischen Prozeß nicht störten. Molekularbiologische Forschung erfordert im Vergleich zur Zeit GREGOR MENDELS einen nicht unbeträchtlichen technischen Aufwand. Die Kernphysik gilt als allgemein bekanntes Demonstrationsobjekt dieses Sachverhaltes.

Für DEMOKRIT ist selbstverständlich, daß sich Werden und Vergehen sowie Neuwerden als Frucht von Zufall und Notwendigkeit durchsetzt. Im vorliegenden Zusammenhang ist zu betonen, wie sich die genannten drei Momente durchgesetzt haben. Solange eine Unveränderlichkeit der Arten angenommen wurde, war innerhalb des herrschenden Bewußtseins der Zufall Angelegenheit eines unerforschlichen Ratschlusses. Rational findet der Zufall zunächst Eingang für die

Analyse gesellschaftlicher Vorgänge, als CARDANO auf das Gesetz der großen Zahl hinzuweisen vermochte, nachdem er bei Experimenten mit Würfeln und Kartenschlägen entsprechende Erfahrungen gesammelt hatte. Versuchte Anwendung bezieht sich auf den Versuch einer gesamtgesellschaftlichen Statistik durch CROMWELL und JAN DE WITT im 17. Jahrhundert sowie die in gleichem Umfang angesetzten Prognosen durch WILLIAM PETTY, seines Zeichens Arzt, Statistiker und Ökonom.

Die Einbeziehung des Zufalls in das Werden von biologischen Arten hat als Protagonisten im 18. Jahrhundert vornehmlich MAUPERTUIS und DIDEROT. Seit CARDANO geht dieser Versuch der Anwendung mit einer kräftigen Entwicklung der Mathematik einher und bezieht mindestens PASCAL und das Dreigestirn der BERNOULLIS ein. NEWTON bringt mit aller Stringenz die mechanistische Gesetzmäßigkeit in der Himmelsmechanik zum Tragen, setzt aber voraus, die von ihm vorausgesetzten Atome besäßen andere Gesetze, über die man infolge des Fehlens von experimentellen Daten keine Aussage machen könnte.

Das Ideal mechanistischer Gesetzmäßigkeit setzt sich in erster Linie durch die eindrucksvollen Resultate der Himmelsmechanik durch. Es scheint nicht empfehlenswert zu sein, sie als dynamische zu bezeichnen, wie es vielfältig geschieht. Damit wird nämlich der mechanistische Charakter undurchsichtiger. KARL R. POPPER versteht nur als Gesetze Prozesse vom Typus der Himmelsmechanik, da nur bei ihnen exakte Voraussagbarkeit zu erwarten sei.

Die nichtmechanistische Gesetzmäßigkeit steht den mechanistischen Gesetzen insofern gegenüber, als bei ihnen die Voraussage nicht den einzelnen Fall betrifft. Einzelereignisse sind bei dem Nachweis ihres Vorhandenseins nicht voraussagbar. Die Prädiktion bezieht sich vielmehr auf Wahrscheinlichkeitsfelder. Statistische Erscheinungen lassen sich sowohl auf mechanistische wie nichtmechanistische Gesetzmäßigkeit beziehen. Die Dialektik der objektiven Realität und der hypothetischen Abbildungs- wie Entwurfsprozessen äußert sich unter anderem in der wechselseitigen Verschränkung von beiden Gesetzestypen. Die nicht mechanistischen sind genuin von der Art, daß sich in ihnen Zufall und Notwendigkeit vereinigen. Sie sind probabilistisch, lassen indes gerade in der Erscheinungsform des genuinen bedingten Zufalls bestimmte Regelmäßigkeiten erkennen. Ihr Kennzeichen ist nicht die oft in ihnen enthaltene streng deterministische Komponente, sondern der sich in ihnen äußernde Wahrscheinlichkeitspielraum.

In der Theorie der Wahrscheinlichkeit versteht man unter bedingten relativen Häufigkeiten die Restriktion auf eine bestimmte Klasse von Erscheinungen, die die unbedingte Einbeziehung aller Möglichkeiten ausschließt. Probabilistische Regelmäßigkeiten oder Gesetze, nebeneinander benutzte und im wesentlichen gleichwertige Termini, haben als Kennzeichen die Tatsache, daß sie sich unmittelbar überschaubar in Vorgängen der gesellschaftlichen Tätigkeit ausbilden. Sie lassen sich innerhalb der Bedienungstheorie als bestimmter Typus stochastischer Folgen abbilden. Die Warteschlangentheorie erfaßt derartige Vorgänge. Sie bildet sie in LENINSchem Sinne ebenso ab wie beliebige Wahrscheinlichkeitsverteilungen mehr oder minder häufiger oder seltener Prozesse.

Besondere statistische Gesetze neben den beiden Grundtypen einzuführen, halte ich für unzumutbar, weil Statistik sowohl für strengdeterminierte wie für nicht strengdeterminierte Vorgänge anwendbar ist, ihre Benutzung aber von dem pragmatischen Moment der vorhandenen Ausgangsdaten und den erwachsenden Kosten abhängig ist.

Gesetze mit bedingter Wahrscheinlichkeit weisen philosophisch gesehen die Einheit von Zufall und Notwendigkeit auf. Von ihrem Typus sind solche, die quantenphysikalische Prozesse implizieren. Die daraus resultierenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind abschätzbar und in diesem Sinne voraussagbar. Bei der Sicherung kontinuierlicher, fließender Produktion von nicht automatischem und automatischem Typ werden aus mikrophysikalischen Erscheinungen entstehende Ausfälle abgefangen.

Genuin nicht mechanistische Vorgänge liegen der Entwicklung des Kosmos zugrunde. Das Werden der einzelnen Galaxie und des gegenwärtigen Kosmos, zu dem die Milchstraße zugehörig ist, in der sich unser Sonnensystem befindet, läßt dezidierte Abschnitte dieses Prozesses durch Beobachtung und Hypothese erschließen. Die Annahme von Entwicklung erweist sich in der Natur zunächst als hypothetisch. In der etwa viereinhalb Millionen Jahre alten Geschichte von homo erectus und homo sapiens enthalten bereits die Mythen aus einer Zeit von vor etwa 5000 Jahren bereits einen hypothetischen Zug, der durch DEMOKRIT dem vernünftigen Denken zugänglich gemacht wird und erst 2000 Jahre später der Theorie und dem Experiment zu erschließen war.

Gesetze der empirischen Wissenschaften besitzen die Eigenschaft, dem Fortschritt zu unterliegen. Ältere Hypothesen und Theorien werden dadurch verworfen und durch andere ersetzt, in denen die sich als überholt ausweisenden im dialektischen Sinne aufgehoben sind. Das als Methode von Versuch und Irrtum bezeichnete Verfahren empirischer Forschung besitzt als Hintergrunderscheinung diesen dialektischen Prozeß vielfältig vermittelten wissenschaftlichen Fortschritt. Der Terminus Irrtum kennzeichnet im Prinzip die im Experiment nicht bestätigten Thesen, enthält aber auch evtl. solche, die sich noch nicht hinreichend theoretisch fundieren lassen und die der Überprüfung im Experiment aus Gründen noch nicht verfügbarer technischer Anlagen entgehen. Eine neu bekannt gewordene Tatsache bedarf des Einbaus in Merkmalsgruppen und ein Gefüge von Hypothesen, um ein signifikantes Resultat innerhalb der wissenschaftlichen Entwicklung zu erzielen.

H. V. WYATT demonstriert diesen Sachverhalt an der Geschichte des Entdeckens der Funktion von DNS [5].

Die 1944 publizierte Arbeit von O. AVERY, C. M. MAC LEOD and M. McCARTY [6] gilt gegenwärtig weitgehend als Ursprungsdokument der Molekularbiologie. Die „Studien über die chemische Natur der Transformation von Pneumokokkentyp induzierenden Substanz“ wiesen eine Nukleinsäure vom DNS-Typ als fundamentale Einheit des Transformationsprinzips nach. AVERY hatte zwar in einem Brief an seinen Bruder vom 17. Mai 1943 vermutet das Transformationsprinzip (DNS) „sounds like a virus but may be a gene“. BURNET schrieb im Dezember

1943 an seine Frau, es handele sich bei den Resultaten AVERYS um eine erregende Entdeckung, die nicht mehr und nicht weniger als die Isolierung eines reinen Gens in Form von DNS sei. Da in der Arbeit von AVERY und anderen weder von Genen oder Genetik, Mutation, crossing over geschrieben wurde, blieb der Inhalt der Arbeit den meisten Genetikern verschlossen, versichert WYATT. Weder der Direktor des Cold Spring Harbor Laboratory, DEMEREC, noch LURIA, zwei Mitglieder der Phagengruppe, zeigten sich besonders beeindruckt, wie aus einem Bericht von BURNET hervorgeht, der kurz nach dem Erscheinen der Arbeit mit den beiden über den neuen Sachverhalt diskutierte. In einer Adresse an die Royal Society vom November 1945 widmete MULLER bei Behandlung des Gens drei Prozent seiner Zeit der möglichen Rolle von Nukleinsäure in der Vererbung. AVERY, MAC LEOD und McCARTY wurden zwar 1946 im Cold Spring Harbor Symposium zitiert, dort aber nicht die weitere Bearbeitung des Problems aufgenommen. Das tat vielmehr CHARGAFF in Columbia, der WATSON und CRICK neben anderen anregte. CHARGAFF gehört zu den wenigen, die die Arbeit von AVERY zitieren, WATSON und CRICK zitierten weder HERSHEY und CHASE oder CHARGAFF noch die AVERY-Gruppe. WYATT belegt damit zwei Sachverhalte: Die Anzahl der Zitate einer Publikation sagt nicht ohne weiteres etwas über ihren Einfluß aus. Die Art der Publikation vermag nach Ort und Inhalt die Übertragung der darin enthaltenen Erkenntnisse zu mindern. Zum anderen aber kann das Fehlen weiterer Ergebnisse noch keine Verallgemeinerung zu neuem Wissen zulassen. Bakterielle Transformation bezeichnet übrigens DUBININ als Rekombination durch Matrizenwechsel [7].

Im vorliegenden Zusammenhang ist damit angedeutet, daß die Entdeckung eines später für eine Gruppe neuer Gesetzmäßigkeiten wesentlichen Faktums noch nicht für die Formulierung eines entsprechenden Gesetzes ausreichend ist, obwohl die Genetik bereits durch die Theorie der Mutation und der Mutagenese sowie der an MENDEL anknüpfenden Grundeinsichten der Vererbung die Annahme der Vererbung erworbener Eigenschaften im Sinne von LAMARCK weitgehend verdrängt hatte.

Die MENDELSchen Regeln waren als Gesetzmäßigkeit inzwischen anerkannt. In ihnen wirkt sich bei einer durch die Reparaturmechanismen der DNS und RNS temporär gesicherten strikten Konservativität der Vererbung das Gesetz der großen Zahl aus. Es sei ausdrücklich darauf verwiesen, daß MARX in den gesellschaftlichen Entwicklungsgesetzmäßigkeiten auch auf den statistischen Durchschnitt der im Stellenwechsel der Produkte sich ergebenden Warenbeziehungen auf strikte Beziehungen insistiert, die sich einmal in dem gesamtgesellschaftlichen Modell der Abteilung I und der Abteilung II, der Produktion von Produktionsmitteln und der Produktion von Konsumtionsmitteln, niedergeschlagen. In beiden Gebieten ergibt sich eine Vermischung streng determinierter und statistischer Vorgänge, die auf der Ebene der Durchsetzung des Gesetzes der großen Zahl Zufall und Notwendigkeit verbinden. Das Vorhandensein des Zufälligen mindert nicht die Notwendigkeit des Prozesses. Die Gesetzmäßigkeit bezieht aber unbedingt das zufällige Moment ein. Ein Verständnis von materialistischer

Dialektik braucht nicht unbedingt im wissenschaftlichen Einzelfall den Zugang zu dem konkreten einzelwissenschaftlichen Sachverhalt erschließen.

N. P. DUBININ bezeichnete den entscheidenden Sachverhalt der Entdeckung MENDELS ausdrücklich als Vererbungsgesetze [7]. Er verwies auf den Askomyzeten *Neurospora crassa* (Brotschimmel), um zu konstatieren, daß diese Vererbungsgesetze bei niederen Organismen viel deutlicher zu demonstrieren sind als bei höheren Pflanzen und Tieren, von Erbse und Mais bis zu *Drosophila*. Zu den Gesetzen der Vererbung der Erbanlagen gehört das Faktum, aber auch als Gesetz die diskrete, unabhängig voneinander erfolgende Übertragung von Eigenschaften. Die lineare Anordnung der Gene, obwohl experimentell und theoretisch erschlossen, wurde ebenso umkämpft wie die Bedeutung der Vererbung durch Chromosome und Chromosomäquivalente. DNS und RNS haben sich als das genetische Substrat erwiesen, in dem die Informationseinheiten für den Aufbau der Proteine und die Regulation dieses Prozesses enthalten sind.

Gesetzmäßigkeit in den empirischen Einzelwissenschaften und den von ihnen gemeinten Objektbereichen anzunehmen, setzt in materialistischer Sicht keinen besonderen Typus von Gesetzen voraus. Nur ein mechanistischer Standpunkt, der sich damit als undialektisch ausweist, neigt zu der Unterscheidung von Fällen, die Gesetzen gehorchen, und anderen, denen konsequenterweise dann häufig irrationale Werdebepstimmer, Entelechien und vitalistische Vorstellungen zugeordnet werden. In die gleiche Kategorie von Auffassungen gehören Ansichten, die die Gesetze nach der Prognosefähigkeit oder einem analogen Merkmal unterscheiden. Werden bloß die mechanistischen Gesetze als prognosefähig anerkannt, dann geraten die probabilistischen Gesetze, mehr oder minder deutlich ausgesprochen, unter die irrationalen Strukturen oder Wirkmomente. Nach der Entdeckung der Unbestimmtheitsrelation durch WERNER HEISENBERG verlief die Auseinandersetzung über den Typus von Gesetzen, in denen Wahrscheinlichkeitsverteilungen auftreten, unter dem Gesichtswinkel fehlender „Kausalität“, unter der nur ein mechanistisches Ursache—Wirkungsverhältnis verstanden wurde. PLANCK und EINSTEIN meinten, wenn man die fehlenden Parameter fände, verschwände der probabilistische Charakter. Nannte man damals und teilweise auch noch heute Beziehungsgefüge mit Wahrscheinlichkeitsverteilung indeterministisch, so setzte sich inzwischen die Auffassung durch, daß es sich um Gesetze sui generis handelt. Gesetz als wesentliches Verhältnis setzt Bedingungsgefüge voraus. Strukturen entfalten ihre ihnen gemäße Wirkung gemäß ihrer Art und auf andere Strukturen, wenn die sie auszeichnende Gruppe von Merkmalen und Beziehungen in hinreichendem Maße vorhanden ist.

In den auf Grund der EINSTEINschen allgemeinen Relativitätstheorie gebildeten Modellen ist in erkenntnistheoretischer Sicht folgendes charakteristisch:

Die Modelle lassen durch Beobachtung prüfbare Aussagen zu, die aus der Mannigfaltigkeit des beobachteten und unbeobachteten Kosmos nur eine kleine Anzahl Merkmale als empirisches Fundament benötigen, zum anderen aber eine bereits entwickelte theoretische Physik zur Voraussetzung haben.

Aus der physikalischen und mathematischen Diskussion der EINSTEINschen

Gleichungen ergab sich in der Analyse des sowjetischen Mathematikers FRIEDMAN zwingend die Annahme eines Werdeprozesses, der Expansion und Kontraktion der Materie des gesamten Kosmos einbezog. Durch die Existenz einer bestimmten Strahlungsart von 3 Kelvin absoluter Temperatur wurde dieser von FRIEDMAN vorausgesagte Entwicklungsprozeß bestätigt, wie HANS-JÜRGEN TREDER konstatiert.

Die Untersuchungen von Sternstatistiken unserer Galaxie hatten zunächst auf die mögliche Deutung als Entwicklungsvorgang hingeleitet. Die kernphysikalischen und quantenphysikalischen Überlegungen, Beobachtungen und astrophysikalischen Analysen veranlaßten die Bestätigung der Entwicklungshypothese, die mit der relativitätstheoretischen hinreichend übereinstimmt.

Entwicklung ergibt sich als theoretisches Argument anfänglich hypothetisch aus einem Extrapolieren überschaubarer Vorgänge wie des individuellen Lebens, dem Aufstieg und Niedergang von Familien, Völkern und Staaten führt aber zunächst in kosmogonische Mythen. Aus diesem Grunde wirft ein sich mit der Gesellschaft beschäftigender Neopositivismus wie der TOPITSCHS und HELMUT SEIFFERTS den gesellschaftlichen Entwicklungstheorien noch immer vor, Mythologie und Eschatologie zu sein. In den Naturwissenschaften wird gegenwärtig das Vorhandensein von Entwicklung in der konkreten Natur kaum noch bezweifelt. Entwicklung ergab sich ähnlich dem Sachverhalt in der Astrophysik aus der Notwendigkeit, bekannt gewordene hervorstechende Merkmale von Naturerscheinungen mit den zunächst auf einmalige Schöpfung verallgemeinerten zu vereinigen. Solche kennzeichnenden Sachverhalte waren paläozoologische und paläobotanische Petrefakte, außerdem aber die sogenannten Monstres. Für MAUPERTIUS genügte das empirische Untersuchen der Polydaktylie einiger Familien, um sowohl die Nichtkonstanz der Art anzunehmen und nach Gesetzen des Vererbungsganges zu suchen. Jene Petrefakte beeinflussten das Entstehen von Entwicklungsideen in Geologie und Biologie.

Jeweils genügen einige Sachverhalte, um die Vorstellung der Unveränderlichkeit der Erscheinungen des betreffenden Gebietes ins Schwanken zu bringen.

Die Einwände spätbürgerlicher Ideologie gegen die Entwicklung von Gesellschaft kommen in JAKUES MONOD, „Le hasard et la nécessité“, Paris 1970, in Konfrontation mit den Ergebnissen der Molekularbiologie zum Ausdruck. MONOD stößt sich an der scheinbaren Kontradiktion von konservativer Vererbung und Mutation. Die Regulation der Synthese von Enzymen, die Zugehörigkeit von Regulator-Gen, Repressor-Protein, Operator-Segment der DNS, Promotor-Segment der DNS und eines Galaktosid-Induktor-Moleküls zu dem Regelungs-system der Synthese der Enzyme des „Laktose-Systems“ im Bakterium *Escherichia coli* bekräftigte im Bewußtsein MONODS die Vorstellung der Konstanz. Da andererseits die Mutationslehre als Theorie grundlegend für die Untersuchung der Evolution von Organismen geworden ist, war er gezwungen zu gestehen, diese biologische Entwicklung besitze eine „meist aufsteigende Richtung“. Er formuliert folgendermaßen:

„Die Selektion arbeitet nämlich an den Produkten des Zufalls, da sie sich aus

keiner anderen Quelle speisen kann. Ihr Wirkungsfeld ist ein Bereich strenger Erfordernisse, aus dem jeder Zufall verbannt ist. Ihre meist aufsteigende Richtung, ihre sukzessiven Eroberungen und die geordnete Entfaltung, die sie widerzuspiegeln scheint, hat die Selektion diesen Erfordernissen und nicht dem Zufall abgewonnen.“

Obwohl MONOD betont, es handele sich um die Einheit von strengen Erfordernissen und dem (bedingten) Zufall, entzündet sich das spätbürgerliche Entfremdungsgefühl an dem zweifellos stochastischen Geschehen der Mutation. Da kaum immer, sondern „meist“ die Richtung der Evolution in aufsteigender Richtung in der gegenwärtig zugänglichen Phase der Evolution und des Zustandes des Sterns terra festzustellen ist, schließt MONOD, es gebe keine stringente Prognostizierbarkeit in der Gesellschaft für den Übergang von Kapitalismus zum Sozialismus [10]. Rückwirkend ist für die Biologie konstatiert, die Biologie enthalte auch keine prognostizierbare Klasse von Erscheinungen, sei selbst ein besonderes Ereignis, das mit den fundamentalen Prinzipien zwar vereinbar, aus ihnen aber nicht ableitbar sei, daher seinem Wesen nach unvorhersehbar [11]. Unter diesem Gesichtswinkel sind die Ergebnisse MANFRED EIGENS eine Kontraposition zu MONOD [12].

EIGEN formuliert:

„Jedes durch Mutation und Selektion erhaltene System ist hinsichtlich seiner individuellen Struktur unbestimmt, trotzdem ist der resultierende Vorgang der Evolution zwangsläufig — also Gesetz“ [13]

Damit erklärt EIGEN den Übergang vom anorganischen zum organischen Molekül für notwendig und gesetzmäßig. Weder der Ursprung des Lebens noch der Arten lasse sich als einmaligen Schöpfungsakt darstellen. Vitalistische Prinzipien sind ausdrücklich ausgeschlossen. Diese Art von probabilistischer Gesetzmäßigkeit, behandelt mit dem mathematischen Apparat der MARKOV-Ketten, bezieht Unbestimmtheit ein und faßt ebenso stationäre Zustände als sich in den betreffenden Objekten ausbildende Gesetzmäßigkeit auf. Die Wechselbeziehung von Unbestimmtheit und Zwangsläufigkeit ist eine kennzeichnende Erscheinungsweise von materialistisch verstandener Dialektik. Sie findet sich in allen stationären Vorgängen, die stochastisch auftretende Elemente oder Parameter enthalten und sind eines der hervorragenden Merkmale, die sich als Erscheinungsweise der Einheit der Materie erkennen lassen. Nur einem undialektischen und deshalb mechanischem Denken sind Unbestimmtheiten, Nichtfestlegbarkeit aller künftigen Parameter, Kennzeichen der „Unvorhersehbarkeit“, wie MONOD sich anzunehmen genötigt sieht. Was im einzelnen als zufällig und was als nicht zufällig aufzufassen sei, entscheidet letztlich die empirische und hypothetisch-theoretische Herangehen benutzende Forschung. Das Zufall und Notwendigkeit vereinigende dialektische Denken läßt auf keinem Gebiete bereits feste Ergebnisse vorwegnehmen, da mit der grundsätzlichen Annahme des dialektischen Werdens stets zu entscheiden bleibt, welche Sachverhalte etwa der langfristigen Konstanz und welche der Evolution unterliegen. Vor einigen Jahren warf F. H. C. CRICK die Frage auf, ob die Struktur des genetischen Codes bloß das Resultat einer Serie von evolutio-

nären Zufällen sei oder ob etwa aus tieferen strukturellen Gründen Phenylalanin nur durch UUU und UUC zu codieren wäre und durch kein anderes Triplet [14]. „When such questions have been answered, the major unsolved problem will be the structure of the genetic code. Is the present code merely the result of a series of evolutionary accidents, so that the allocations of triplets to amino acids is to some extent arbitrary? Or are there profound structural reasons why phenylalanine has to be coded by UUU and UUC and no other triplets? Such questions will be difficult to decide, since the genetic code originated at least three billion years ago, and it may be impossible to reconstruct the sequence of events that took place at such remote period. The origin of the code is very close to the origin of life. Unless we are lucky it is likely that much of the evidence we should like to have has long since disappeared.“

Soviel ist sicher, daß mit dem Brechen des genetischen Codes die gesetzmäßige Grundlage von biologischer Konstanz und Evolution erkannt werden konnte. Nicht aber war damit die Evolution des Codes selbstzugänglich geworden. Sie fällt einmal unter die gleichen Wahrscheinlichkeitsüberlegungen, die MANFRED EIGEN anstellte und gehört zum anderen in die Geschichte des Entstehens der Bedingungen von Sonnensystem und Geoid sowie der damit möglich gewordenen Chemie. Konstante Sachverhalte beizubehalten, wenn sie unter Bedingungen, die ein weites Intervall von Veränderungen beinhalten, zur Bewährung gelangten und der eliminierten Selektion standhielten, gehört zu den in der organischen Natur entstehenden Gesetzen.

Neben anderen Beispielen belegt die Struktur und Geschichte von Zytochrom c den gleichen Sachverhalt. Das Zytochrom c des Menschen unterscheidet sich von dem der Hefe an 44 von 104 Stellen, wobei die sterische Struktur im wesentlichen identisch geblieben ist, wie RICHARD E. DICKERSON belegte. Das Oxidieren von Molekülen, die Einzellern als Nahrung dienen, besitzt eine gegenwärtig etwa als 1,2 Milliarden Jahre geschätzte und sich bewährte Tradition. Die vorwiegend in der Membran der Mitochondrien eukaryotischer Zellen vorkommenden Chloroplasten besitzen eine unbeschadet weiterer Evolution durch Mutation nicht veränderte Ähnlichkeit. Sie läßt sich durch die Tatsache belegen, daß vom eukaryotischen Mikroorganismus bis zu Tier und Pflanze die verschiedenen Zytochrome mit der Zytochrom-Oxidase von jeder anderen Art im Experiment reagieren. Philosophisch ist interessant, daß die Dialektik des Widerspruchs sich im Prozeß bewährt, die reagierenden widersprüchlichen Sachverhalte aber distinkt auseinanderfallen, chemisch identisch und artlich unterschieden sind, durch die an anderer Stelle unter dem Selektionsdruck eingetretenen artlichen Unterschiede dominieren, ohne auf das Baukastensystem zu verzichten, das offensichtlich zu den ältesten „Erfahrungen“ der sich entwickelnden organischen Natur gehört. Die Analyse molekularer Evolution von Zytochrom c setzt an *Neurospora crassa* an. Die Selektion bekräftigt ein als Gesetzmäßigkeit vorzufindendes Prinzip nach dem jeder sich als den Bedingungen sich günstig erweisender Zufall festgehalten wird und nicht der Gesamtevolution, sondern bloß noch der Teilevolution unterliegt, die sich auf die Evolution gestattende Unvollkommenheit des Reparatur-

mechanismus gründet. Die Mitochondrien selbst gehören zu dem Ergebnis vermuteter Endosymbiose, die an prokaryotischen Einzellern ansetzte und genetisch fixiert wurde. Konstanz von bestimmten wesentlichen Beziehungen, das Entstehen neuer Bedingungen, das Ausbilden weiterer Gesetze durch eine immanent in der Realität der Teilchen und Felder gegebene Gesetzmäßigkeit bedingt die Evolution, die sich ständig neue Voraussetzungen schafft, von denen sie aus weitere Möglichkeiten erschließt. Die Genetik besitzt das Verdienst, idealistische Auffassungen aus den Vorstellungen der Entstehung und des Ablaufs von Leben vertrieben zu haben. Der bei MONOD und EIGEN vorzufindende Atheismus ist indes nicht hinreichend, um auch die gesellschaftlichen Erscheinungen mit gleicher Unvoreingenommenheit analysieren zu können.

Ebenso wie in den Naturerscheinungen zeigen sich die gleichen Kategorien in gesellschaftlichen Prozessen, die in den molekularbiologischen Horizonten auf die Diskussion philosophischer Kategorien führten. War der Untersuchung der historischen Erscheinungen in der Naturwissenschaft nicht auszuweichen, so erst recht nicht im Bereich der Gesellschaft. Die Genetik besitzt außer ihrer eminenten Rolle für das Verständnis der Natur und das Erschließen neuer Bedürfnisbereiche die wichtige Funktion, Sachverhalte zur Diskussion zu stellen, die im Zeitalter beschleunigten technischen Fortschritts in viele Bereiche der unmittelbar sozialistischen Praxis eindringen.

Literatur

- [1] ENGELS, FR., Dialektik der Natur, in: K. MARX/FR. ENGELS, Werke Bd. 20, S. 507
- [2] ENGELS, FR., Dialektik der Natur, in: K. MARX/FR. ENGELS, Werke Bd. 20, S. 501
- [3] ENGELS, FR., Dialektik der Natur, in: K. MARX/FR. ENGELS, Werke Bd. 20, S. 506
- [4] LENIN, W. I., Werke Bd. 38, Philosophische Hefte, s. 144
- [5] WYAT, H. V., Nature Vol. 235, No. 5333 (1972) 86—89
- [6] AVERY, O., MAC LEOD, C. M. und MC CARTY, M., J. of Experimental Medicine 79 (1944) 137
- [7] DUBININ, N. P., Molekulargenetik, Berlin 1965 (1963) 106
- [8] MONOD, J., Notwendigkeit und Zufall, München 1971, 199
- [9] MONOD, J., Notwendigkeit und Zufall, München 1971, 149f
- [10] MONOD, J., Notwendigkeit und Zufall, München 1971, 50 u. 218
- [11] MONOD, J., Notwendigkeit und Zufall, München 1971, 57
- [12] EIGEN, M., Selforganisation of matter and the evolution of biological macromolecules, Naturwissenschaften, Heft 10 (1971)
- [13] EIGEN, M., Ebenda, S. 521
- [14] CRICK, F. H. C., Scientific American, 4 (1966) 62

Zu einigen aus den Erkenntnissen der Molekularbiologie ableitbaren theoretischen Verallgemeinerungen

S. ROSENTHAL, S. M. RAPOPORT, H. A. ROSENTHAL und K. FUCHS-KITTOWSKI

Zentralinstitut für Molekularbiologie der Akademie der Wissenschaften der DDR, Berlin-Buch; Institut für Physiologische u. Biologische Chemie, Lehrstuhl Virologie und Sektion Wissenschaftstheorie u. Wissenschaftsorganisation der Humboldt-Universität Berlin

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Biologie, die heute ständig Schlagzeilen machen, wurden in ihrer grundlegenden Bedeutung schon von ENGELS vor annähernd 100 Jahren vorausgesehen, als er die 3 bedeutendsten Entdeckungen des 19. Jahrhunderts charakterisierte:

„Erstens 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.

Zweitens 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.

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 entstandenen Protoplasma oder Eiweiß hervorgegangen sind“ [1].

Die biologischen Wissenschaften befinden sich heute in einer großen Umwälzung, die durch einen ungeheuren Fortschritt in methodischer Hinsicht, durch Anwendung physikalischer, chemischer und technischer Errungenschaften ebenso wie durch eine tiefgreifende theoretische Durchdringung gekennzeichnet ist. Diese theoretische Durchdringung beschleunigt in hohem Maße den Erkenntniszuwachs.

Die objektive Voraussetzung für die Formulierung von Gesetzmäßigkeiten ist das Vordringen zu den Elementarprozessen, die Auflösung komplexer Erscheinungen in Einzelschritte (Reaktionen, Strukturen), deren Aufeinanderfolge genau bestimmbar, im Experiment nachvollziehbar und veränderbar sind. Dadurch ist es möglich, eine echte Kausalbeziehung der Faktoren von der niedrigsten (einfachsten) bis zur höchsten (komplexen) Strukturebene herzustellen. Damit wandelt sich die Biologie immer mehr in eine „exakte“ Naturwissenschaft, in der die Qualitäten der Dinge quantifizierbar, die Beziehungen der Einzelelemente

zueinander aus einer globalen Unbestimmtheit herausgerückt, meßbar und genau definierbar werden. Andererseits besteht die theoretische Durchdringung auch im starken Anwachsen unseres Verständnisses der integrativen Prozesse, insbesondere des menschlichen Organismus und der Beziehungen des Menschen zu seiner natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt.

Der Gegenstand der Molekularbiologie kann eng oder weit gefaßt werden. Die enge Auffassung möchte, daß das Gebiet auf die Untersuchung der elementaren Grundlagen der Vererbungsvorgänge zu begrenzen sei. Die meisten Wissenschaftler verstehen die Molekularbiologie als die Gesamtheit der elementaren Grundlagen biologischer Vorgänge. Dieser Auffassung möchten wir uns anschließen. Die Verschmelzung biochemischer, physikalischer und genetischer Konzeptionen zu einer gemeinsamen Denkweise ist kennzeichnend für die Revolution in der Biologie. Sie ist vergleichbar der Umwälzung in der Physik, die vor etwa 60 Jahren durch Quantenphysik und Relativitätstheorie hervorgerufen wurde.

Bevor die Molekularbiologie sich entwickeln konnte, bedurfte es gewaltiger Fortschritte auf einzelnen Gebieten. Uns erscheinen am wesentlichsten folgende Entwicklungslinien [2]:

1. Die enorme Entwicklung der Analytik. Das betrifft den Bereich der chemischen Analytik im engeren Sinn, die in etwa 120 Jahren die Grenzen für eine quantitative Analyse um etwa 20 Größenordnungen nach unten verschob. Gleichzeitig mit der Fähigkeit, winzigste Mengen, ja sogar einzelne Moleküle zu messen, ist auch die Möglichkeit, verschiedenartige Stoffe zu erkennen, fast ins Grenzenlose gesteigert worden. Der Vorstoß in molekulare und elementare Dimensionen ist in erster Linie ein Verdienst der Entwicklung physikalischer Methoden. Mit Hilfe der Röntgenstrahlen gelingt es, die verborgenen Regelmäßigkeiten in der Anordnung der Atome in Makromolekülen aufzudecken und mit Hilfe des Elektronenmikroskops deren Formen sichtbar zu machen. Das vordem existierende Dunkel der submikroskopischen Dimensionen, das gewagte und kaum fundierte morphologische Spekulationen hervorbrachte, wich einer exakten Analyse. Die konkret-experimentelle Wissenschaft gelangte unmittelbar an die Knotenpunkte der Organisation der Materie, die die elementaren Grundlagen biochemischer Vorgänge darstellen.
2. Mit Hilfe des Elektronenmikroskops, der drastischen Methoden der Zerstörung, einfacher und subtiler Methoden der Fraktionierung des Zellinhalts und der Kennzeichnung der Fraktionen mit elektronenoptischen und biochemischen Methoden wurde eine Umwälzung in unserer Kenntnis der strukturellen Organisation der Zelle herbeigeführt. Die Zelle erwies sich als ein Mikrokosmos mit einer Vielzahl von spezialisierten Bestandteilen, die in vieler Hinsicht begrenzte Selbständigkeit aufweisen, aber vor allem durch ihre kooperativen Beziehungen gekennzeichnet sind.
3. Früher nur geahnte Strukturprinzipien der Eiweiße und Nukleinsäuren wurden zu einem festen Fundament der Biologie. Zwar hatten schon FISCHER

und HOFMEISTER zu Anfang des 20. Jahrhunderts die Hypothese aufgestellt, daß die Eiweiße nichts anderes als Peptidketten seien, in denen Hunderte von Aminosäuren in gleichartiger Weise aneinander geknüpft sind. Zu ihrer Zeit war aber noch von keinem Eiweiß mehr als die Hälfte der Menge seiner Bestandteile bekannt, geschweige denn, daß Methoden existiert hätten, um ihre Anordnung festzustellen. Die komplette Bausteinanalyse eines Eiweißes ist gegenwärtig im günstigsten Fall eine Angelegenheit von zwei Stunden. Die Sequenz von etwa 100 Eiweißen ist schon bekannt.

Eine analoge Entwicklung ist auf dem Gebiet der Nukleinsäuren eingetreten. In den letzten Jahren wurde die Sequenz von mehr als 20 Transfer-Ribonukleinsäuren aufgeklärt. Die Sequenzaufklärung der drei ribosomalen RNS-Spezies von *E. coli* wurde gerade abgeschlossen und die einer Reihe von RNS-Viren steht vor dem Abschluß.

Eine neue Etappe hat eingesetzt, nämlich die der chemischen Synthese der entscheidenden Makromoleküle. Vor einem Jahrzehnt wurden erstmals Peptidhormone synthetisiert, 1964 das Insulin, 1968 das erste Enzym. Der Weg zur Synthese großer Eiweiße ist klar vorgezeichnet. Auf dem Gebiet der Nukleinsäuren, das besondere Schwierigkeiten bietet, hat 1960 mit den ersten Synthesen von Polynukleotiden eine entsprechende Entwicklung eingesetzt. Vor drei Jahren wurde das erste DNS-Gen *in vitro* durch kombinierte chemische und biochemische Methoden synthetisiert. In den letzten Monaten wurde über Gensynthesen mit mRNA als Matrize berichtet.

4. Eine entscheidende Voraussetzung war die Erkenntnis der Dynamik lebender Systeme durch Aufklärung der Geheimnisse des Zellstoffwechsels.

Die Erforschung der Stoffwechselwege ist in ein neues Stadium getreten. Jetzt geht es darum, nicht mehr allein die Einzelbestandteile zu erkennen und zu charakterisieren, sondern sie in ihrer Komplexität zu untersuchen und die Gesetzmäßigkeiten ihrer Steuerung und Regelung bis zu ihrer mathematischen Darstellung aufzudecken.

Die vier aufgezeigten Entwicklungslinien verbinden sich aufs engste miteinander. Der Fortschritt der Analyse ermöglichte die Erkenntnis der Zellstruktur und des Aufbaus der Eiweiße und Nukleinsäuren sowie die Aufklärung der Stoffwechselketten. Die Kenntnis des Stoffwechsels führt zu einem Verständnis ihres Zusammenhangs mit der Zellstruktur, während umgekehrt die Erforschung der Zellstrukturen zu der Erkenntnis führte, daß die Stoffwechselprozesse zum größten Teil strukturgebunden sind. Erst die Kenntnis der Eiweiße und Nukleinsäuren ermöglicht die Erkenntnis der Vererbungsprozesse und eine vertiefte Analyse der Regelung und Steuerung der Stoffwechselketten einschließlich der Eiweißsynthese.

Diese Forschungen führten zu großen gedanklichen Errungenschaften. Die ungeheure Vielfalt der Lebenserscheinungen ließ doch weitgehende Verallgemeinerungen zu. Es wuchs die Kühnheit, Übertragungen von einem besonders einfachen für die Beantwortung bestimmter Fragen besonders geeigneten lebenden System auf ein anderes durchzuführen.

THESE

„Die Molekularbiologie hat das Wesen der dialektischen Beziehungen zwischen Struktur und Funktion auf der molekularen, subzellulären und zellulären 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 über die realisierte Funktion ihre Bedeutung erhält.“

Daß materielle Prozesse und Strukturen durch materielle Information zustande kommen und von ihr abhängen, daß dabei die materielle Information von der materiellen Funktion (Prozeß, Struktur) räumlich und zeitlich getrennt ist, gleichzeitig aber selbst Struktur und Funktion (Nukleinsäuren) 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 genetischen Information in Gestalt der Nukleinsäuren, die Aufklärung ihrer Struktur und Funktion sind, sieht man von den Entwicklungen der Atomphysik einmal ab, die theoretisch und philosophisch bedeutungsvollsten Ergebnisse der Naturwissenschaften des 20. Jahrhunderts, jedenfalls soweit wir bis jetzt in ihm fortgeschritten sind.

Der Gegenstand der Molekularbiologie ist in der Hauptsache die Zelle und ihre strukturelle und funktionelle Organisation mit Organellen, Makromolekülen und Stoffwechselsystemen. Doch sie begrenzt sich nicht auf die molekulare Ebene, sondern umfaßt auch Prozesse und Strukturen höherer Komplexität und übergreifender integrativer Konzeption. Sie erschließt über die Zelle und das Individuum hinaus zusätzliche Dimensionen bis hin zur Aszendenz und Deszendenz der menschlichen Population. So ergibt sich auch hier eine dialektische Beziehung des Besonderen und Allgemeinen. Die Molekularbiologie stellt gleichzeitig ein spezielles Querschnittsgebiet mit spezifischen Methoden dar und verkörpert als integrativer Bestandteil der Biologie in besonderem Maße ihre allgemeinen theoretischen Aspekte. Sie macht damit eine theoretische Biologie erst möglich.

Nun zu einigen Erkenntnissen der Molekularbiologie über das Wesen biologischer Prozesse, für die schon mehr oder weniger gut verallgemeinernde Aussagen gelungen sind.

THESE

„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 Eiweiß 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.“

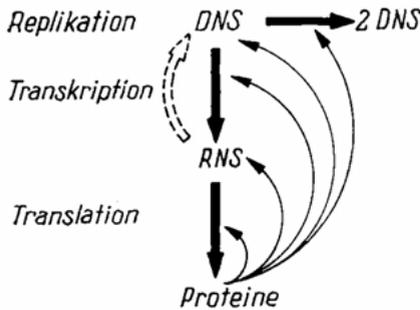


Abb. 1. Genetische Determinierung der Proteinsynthese

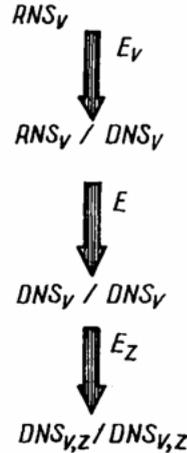


Abb. 2. Umgekehrte Transkription mit Virus-RNS als Matrize.

V = Virus; Z = Zelle

Die Herkunft des Enzyms, das den 2. Schritt katalysiert, ist noch nicht eindeutig geklärt.

Abbildung 1 zeigt die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten in den Beziehungen zwischen DNS, RNS und Protein. Es wird deutlich, daß das zentrale Dogma insofern modifiziert werden mußte, als ein Informationsfluß von RNS auf DNS möglich ist und damit eine vektorielle, virusbedingte Informationszunahme erfolgen kann.

Abbildung 2 zeigt das Prinzip der „umgekehrten Transkription“ [15]. Onkogene Viren besitzen einsträngige RNS. Nach Infektion der tierischen Zelle wird an dieser Virus-RNS durch ein virus-spezifisches 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 mRNA in DNS darstellt, evtl. also auch veränderte oder fehlerhafte mRNA ins Genom einschreiben kann, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

In Abbildung 3 ist das Prinzip der Gensynthese mit mRNA als Matrize und mit Hilfe der „umgekehrten Transkriptase“ dargestellt [3]. Der Engpaß für dieses

Syntheseprinzip ist die Bereitstellung von mRNS. Bei der chemischen Synthese Gens nach KHORANA [4] 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.

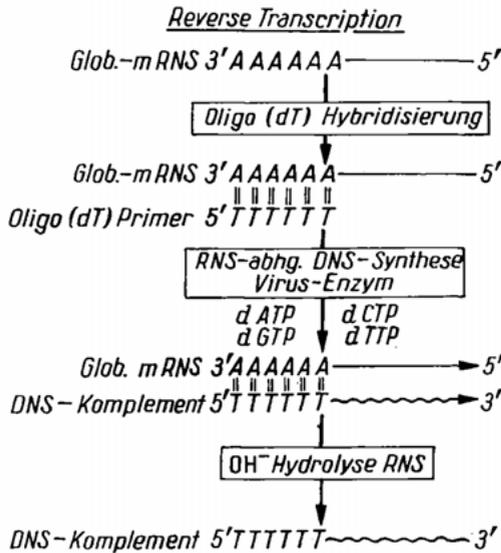


Abb. 3. Umgekehrte Transkription mit mRNS als Matrice.
Schema nach [3]

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. Im Fall geringerer Spezifität kombiniert ein Protein mit vielen Nukleinsäure-Abschnitten unterschiedlicher Basensequenz, im Fall höherer Spezifität geht ein Proteinmolekül nur mit einem Nukleinsäure-Abschnitt ihm eigentümlicher Basensequenz einen Komplex ein. Eine solche Art von Proteinen kommt in einer Zelle jeweils nur in wenigen Ausfertigungen pro Eiweißspezies vor. Zu ihnen gehört z. B. der Repressor des Laktose- Operons von *E. coli*. Die Polymerasen, die Enzyme, die DNS- bzw. RNS-Bausteine zum jeweiligen Nukleinsäuretyp verknüpfen, gehören zur Gruppe von Eiweißen mit geringerer Spezifität.