

Bernhardt, Dieter

Einige philosophische Fragen der Entstehung des Lebens

Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. B, Řada filozofická.
1965, vol. 14, iss. B12, pp. [45]-51

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/106438>

Access Date: 09. 12. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

DIETER BERNHARDT

EINIGE PHILOSOPHISCHE FRAGEN
DER ENTSTEHUNG DES LEBENS¹⁾

Die biologische Forschung hat in den letzten Jahren ausserordentliche Fortschritte erzielt. Durch die Verbindung von Biochemie, Biophysik, Cytologie und Elektronenmikroskopie entstand in unseren Tagen eine ganz neue wissenschaftliche Richtung, die Molekularbiologie. Auf dem Wege komplexer physikochemischer und biochemischer Forschung konnte bereits ein tiefer Einblick in die biologischen Vorgänge auf Molekül-Niveau, in den biologischen „Mikrokosmos“ erreicht werden. Ich möchte hier nur auf die Erfolge der modernen Genetik, der Mikrobiologie und der Biochemie, speziell der Nucleinsäure- und Eiweissforschung, verweisen. Als aussichtsreich hat sich dabei auch die Anwendung der kybernetischen Denkweise, die Betrachtung der Organismen und der Organismensysteme als kybernetische Systeme gezeigt. Insbesondere die neueren Ergebnisse über die Eiweissynthese und die Vermehrung der Nucleinsäuren im Organismus gestatten es auch, unsere bisherigen Vorstellungen über die Entstehung des Lebens kritisch zu prüfen.

Mit der Frage nach der Entstehung des Lebens ist die Frage der Spezifik des Lebens sehr eng verbunden. Will man sich darüber klar werden, wie das Leben auf unserer Erde primär entstanden ist, so muss man zuerst wissen, worin sein Wesen als hochorganisierter Bewegungsform der Materie besteht, was die Gesetze des Lebens sind.

Die moderne Biologie erforscht die Lebenserscheinungen und die Eigenschaften des Lebens in heute bereits sehr tiefgehendem Masse. Eigenschaften des Lebens sind Stoffwechsel, Vermehrung, Vererbung, Reizbarkeit, Auslese, relative Abgrenzung von der Aussenwelt usw. Die grundlegende Eigenschaft ist dabei der Stoffwechsel, die ständige Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe unter Energieverschiebung. Alle diese Eigenschaften sind gesetzmässig. Sie sind bedingt durch das Wirken biologischer Gesetze, die auf der Grundlage der Gesetze niederer Bewegungsformen der Materie entstanden sind. Was aber sind die Gesetze des Lebendigen selbst? Die Lösung dieser Frage bedarf der weitgehenden Zusammenarbeit materialistischer Biologen und marxistischer Philosophen. Ein wertvoller Beitrag ist hier die Arbeit von Wessel „*Wiren-Wunder-Widersprüche*“, in der das Wesen des Lebens als dialektische Widersprüchlichkeit von fließendem Stoffwechselgeschehen und geschlossenem Regelungsgeschehen aufgefasst wird.

Bedeutungsvoll ist hier auch die Untersuchung des Verhältnisses von Struktur und Funktion im Biologischen. Was ist als das Wesentliche des Lebens aufzufassen, das Substrat des Lebens, d. h. die Stoffe, aus denen der Organismus besteht, oder der hohe Grad von Ordnung, von Organisation, die ausserordentlich weitgehende Koordination der Lebensprozesse und ihrer einzelnen Glieder? Diskussionen hierüber finden wir in der gegenwärtigen Literatur. So kritisiert

beispielsweise *W. G. Afanasjew Bertalanffy*, der die Spezifik des Lebens in dem hohen Grad von Ordnung, von Organisation der Lebensprozesse sieht.² Nach Ansicht von *Afanasjew* hat *Bertalanffy* in seiner organismischen Konzeption die Ordnung der Lebensprozesse verabsolutisiert, sie zum Wesen des Lebens erhoben und angeblich nicht gezeigt, was nun eigentlich geordnet ist. Nach *Afanasjew* geht es letzten Endes nicht um die Ordnung, sondern um das materielle Substrat, die Komponenten des belebten Ganzen. *A. N. Kolmogorow* dagegen vertrat auf einer theoretischen Konferenz der philosophischen Seminare in der UdSSR die Meinung, die Definition des Lebens müsse rein funktioneller Natur sein.

Meines Erachtens sind beide Ansichten einseitig. Es geht beim Wesen des Lebens sowohl um die Ordnung als auch um das Substrat. Für die ausserordentlich hohe Koordination der Prozesse in den Organismen ist ein sehr hoch entwickeltes Substrat notwendig, auf dessen Grundlage sich die komplizierten Prozesse des Stoffwechselgeschehens und der Steuerung abspielen. *Friedrich Engels* hat das Leben als die *Daseinsweise der Eiweisskörper* (Nucleoproteide) definiert. Damit hat er m. E. eindeutig unterstrichen, dass das Wesen des Lebens in den sich in den Eiweisskörpern vollziehenden Prozessen zu suchen ist, die auf Grund der hohen Ordnung des Substrats ablaufen. Die Grundgesetze des Lebens sind also in der hohen Koordination der im Organismus und zwischen den Organismen vor sich gehenden Prozesse zu suchen, die ein hochorganisiertes Substrat erfordern.

Die biologischen Gesetzmässigkeiten lassen sich dabei m. E. in zwei Gruppen einteilen: 1. in die im Einzelorganismus wirkenden Gesetzmässigkeiten, wie sie im Stoffwechselgeschehen, in der Vererbung usw. zur Geltung kommen, und 2. in die Gesetzmässigkeiten, die in der Population und Biocoenose, in den Beziehungen der Organismen untereinander wirksam sind. Beide Gruppen sind biologisch; sie unterscheiden sich aber in einem wesentlichen Merkmal. Die gesetzmässigen Prozesse im Einzelorganismus lassen sich bei ihrer Auflösung in die einzelnen Reaktionsschritte auf physikalisch-chemische Gesetzmässigkeiten zurückführen; sie sind spezifisch-biologisch nur auf Grund ihrer hohen Ordnung, ihrer Koordination. Bei der zweiten Gruppe ist eine solche Rückführung nicht direkt möglich. Beide Gruppen haben sich mit der Entwicklung des Lebens gleichzeitig herausgebildet, und bei der Untersuchung der Spezifik des Lebens müssen beide beachtet werden. Zu berücksichtigen ist ferner, dass die Lebewesen eine Geschichte haben, dass sie historischen Charakter tragen, dass sie das Ergebniss einer langdauernden biologischen Evolution sind. Gerade diese biologische Evolution ist ein Spezifikum der biologischen Bewegungsform der Materie, wobei als Besonderheit dieser Entwicklung ihre Einmaligkeit und Nichtumkehrbarkeit zu werten sind. In die Betrachtung der Spezifik des Lebens muss also die Historizität der Lebewesen als wesentlicher, wenn nicht bestimmender Zug dieser Bewegungsform einbezogen werden.

Nun zu einigen Fragen der Entstehung des Lebens auf der Erde. Die Theorie, die bisher in der wissenschaftlichen Welt am meisten Aufmerksamkeit erregt und im Verlauf der letzten 30 Jahre auch allgemeine Anerkennung gefunden hat, ist die sogenannte Koazervattheorie von *A. I. Oparin*. Bei der Aufstellung seiner Hypothese zog *Oparin* die Ergebnisse auf den verschiedensten, zum Teil weit auseinanderliegenden Gebieten der modernen Naturwissenschaft heran und schuf so eine ganzheitliche Erklärung für die Entstehung des Lebens. *Oparin* geht von der Voraussetzung aus, dass auf der Erde organisch-chemische, zum Teil hoch-

molekulare Verbindungen bereits vor den ersten Lebewesen auftraten und dass die Uroorganismen heterotroph waren. Diese Annahme kann heute, besonders nach den Arbeiten von *Miller*, *Ishiguro* u. a., als feststehend angesehen werden. *Oparin* unterteilt nun die Entwicklung bis zu den ersten Lebewesen in drei grosse Etappen:

1. Die Entstehung und abiogene Evolutionen organisch-chemischer Verbindungen bis zu Stoffen vom Charakter der Polypeptide und Polynucleotide.
2. Die Entstehung organischer polymolekularer Systeme, der Koazervate.
3. Die Entwicklung der Koazervate bis zu den Uroorganismen.

Über die erste Etappe, die abiogene Evolution organisch-chemischer Verbindung, haben wir schon recht viel Klarheit. *Oparin* meint aber, dass diese Etappe nur bis zu Stoffen vom Charakter der Polypeptide und Polyamide gehen kann, und hält die Entstehung wirklicher Eiweisse und Nucleinsäuren auf diesem Weg für unmöglich, da diese an ganz bestimmte Funktionen im Organismus angepasst sind. Er schreibt: „Alles, was wir von den einfachsten thermodynamischen und kinetischen Gesetzmässigkeiten, die auf der Oberfläche der Uerde herrschten, erwarten konnten, war die Bildung organischer Polymere vom Typ der Polypeptide und Polynucleotide, die in ihren Ketten noch keine gesetzmässige, an die Ausübung bestimmter Funktionen angepasste Anordnung der Aminosäure und Nucleotidreste aufwiesen.“³

Die Entstehung der Eiweisse und Nucleinsäuren verbindet *Oparin* mit der Bildung und Entwicklung besonderer polymolekularer Gebilde, der Koazervate, aus den ursprünglich im Urozean verteilten hochmolekularen Stoffen. In den Koazervaten konnten die Reaktionen auf Grund der räumlichen Konzentration schneller verlaufen; Katalysatoren aus dem Medium traten hinzu, aus denen in der späteren Entwicklung die Fermente hervorgingen. Hierbei wurde eine gewisse Konkurrenz, eine primitive natürliche Auslese zwischen dem Koazervatröpfchen wirksam; die „günstigen“ Tröpfchen wuchsen und teilten sich, die „ungünstigen“ zerfielen. So kam es schliesslich zur Anhäufung hochaktiver Fermenteiweisse und zur Ausbildung eines koordinierten Reaktionsnetzes in den Koazervaten, bis endlich ein echter Stoffwechsel entstand. *Oparin* verbindet also die Entstehung des Lebens, die Entwicklung der Koazervate zu den Uroorganismen mit der natürlichen Auslese, durch deren Wirken der stoffwechsel entstand. Er hält die Auslese im molekularen Bereich, in bezug auf einzelne Ferment- oder Nucleinsäuremoleküle, jedoch nicht für möglich und richtet sich hier vor allem gegen die Ansicht von *Calvin*. Das begründet er damit, dass z. B. die Verstärkung der katalytischen Eigenschaften eines Fermentmoleküls für das Ferment selbst nicht von Nutzen ist, sondern nur für das System. Er meint weiter, dass in den Lebewesen, zumindest auf den frühesten Etappen bei der Entstehung des Lebens, die Eiweisse und Nucleinsäuren nicht durch Autoreproduktion im engeren Sinne des Wortes, also durch Vermehrung einzelner Moleküle entstehen, sondern in einem Netz koordinierter Reaktionen neugebildet werden.

Die Hypothese von *Oparin* war ein wichtiger Schritt in der Entwicklung unserer Vorstellungen von der Entstehung des Lebens. Aber gerade in der letzten Zeit ist unser Wissen über die biologischen Vorgänge und speziell unsere Kenntnis über die Eiweissynthese und das Wesen der Vereibung sehr schnell angewachsen. Diese neuen Forschungsergebnisse konnten in der Koazervathypothese noch nicht berücksichtigt werden; sie müssen aber bei der Entwicklung unserer Vorstellung von der Entstehung des Lebens beachtet werden.

Ich möchte hier einige Umstände nennen, die zu einer Überprüfung unserer bisherigen Vorstellungen drängen:

1. Koazervate können nur auf der Grundlage sehr hoch-molekularer Stoffe entstehen, deren Molekülgrösse etwa an die unserer Eiweisse und Nucleinsäuren heranreicht. Die im Urozean entstandenen Polypeptide und Polynucleotide müssen also bereits sehr grosse Moleküle gehabt haben, ehe sie polymolekulare Systeme bilden konnten.

2. Die Vermehrung der Nucleinsäuren und die Eiweissynthese in den Lebewesen ist heute im wesentlichen geklärt und führte zur Bestätigung der sogenannten Matrizentheorie. Es besteht kein Grund zu der Annahme, dass diese Prozesse auf den frühesten Phasen der Entstehung des Lebens grundsätzlich anders verliefen als in den gegenwärtigen Organismen.

3. *Oparin* meint, dass eine vollständige Unterbrechung der Stoffwechselreaktionen, des hochkoordinierten chemischen Reaktionsnetzes, in dem die Komponenten ständig neu gebildet werden, zum Tod des Organismus führt. Wir wissen aber, dass auch bei vollständiger Anabiose, z. B. nach Gefriertrocknung, eine Reihe von Organismen die Fähigkeit zur Wiederaufnahme des Stoffwechsels beibehält, und zwar um so mehr, je niedriger diese Organismen sind. Man könnte annehmen, dass bei den ersten lebenden Wesen die Anabiose noch wesentlich verbreiteter war und bei ihrem noch relativ unbestätigtem, primitivem Stoffwechsel eine wichtige Rolle für ihr Bestehen unter ungünstigen Milieubedingungen spielte. Sie konnten so vom Zustand offener Systeme in den geschlossenen Zustand übergehen und damit unter Bedingungen, in denen sie als offene Systeme nicht existieren konnten, von der Zerstörung bewahrt bleiben. Damit kommen wir zum Virusproblem.

4. Unsere Kenntnisse über die bakterien-, pflanzen-, und tierpathogenen Viren haben in letzter Zeit sehr zugenommen. Über ihren Vermehrungsmechanismus in der Wirtszelle haben wir bereits recht gute Angaben. Die rezenten Viren kann man nicht im vollen Sinne als Lebewesen bezeichnen, da sie keinen eigenen Stoffwechsel haben. Es ist aber durchaus möglich, dass ihr Parasitismus, der ja immer mit Vereinfachung und dem Verlust bestimmter Eigenschaften verbunden ist, sekundären Charakter trägt. Der Urozean war nach der Annahme von *Oparin* sehr reich an organischen Stoffen und verarmte erst, als die Uroorganismen diese organischen Verbindungen als Nahrung aufbrauchten. Die primitivsten, am wenigsten organisierten begannen dabei als erste zu hungern und mussten entweder verschwinden oder ihre Nahrung auf andere Weise beschaffen, z. B. durch Parasitismus in bereits weiterentwickelten Lebewesen von Art der Bakterien. Dabei verloren sie ihre Fähigkeit, sich ohne Mithilfe des Wirts selbst zu reproduzieren. Die Tatsache, dass die Viren keinen eigenen Stoffwechsel haben, besagt also nicht, dass sie nicht sehr ursprünglich gebaut sind. Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei den noch zu eigener Vermehrung fähigen Vorfahren der rezenten Viren der Ursprung des Lebens zu suchen ist.

5. *Oparin* unterstreicht in seiner Koazervathypothese, dass durch natürliche Auslese der Koazervate im Laufe der Zeit ein koordiniertes Reaktionsnetz entstand, durch dessen Ablauf die Selbsterneuerung der Systeme gewährleistet wurde. Die Auslese setzte also nach seiner Ansicht bei den ersten noch sehr labilen Koazervaten ein. Das einfache Verwerfen der „nichtgelungenen“ Koazervatröpfchen besagt aber noch nicht, wie die überlebenden ihre Eigenschaften in den folgenden Generation beibehalten konnten und wie in ihnen das koordinierte Reaktionsnetz

entstand. Nach *Oparin* entstehen Fermente und Nucleinsäuren nur in einem Zyklus koordinierter fermentativer Reaktionen. Bei jeder Teilung der Tröpfchen wäre dieser Zyklus zerstört worden und damit die ganze Sache beendet.

Oparins Ansichten zur Koazervathypothese hatten Berechtigung, als wir den Mechanismus der Eiweissynthese noch nicht kannten. Heute hat aber die Matrizentheorie ihre Bewährung bestanden.

Wir sehen also, dass die Koazervathypothese dem heutigen wissenschaftlichen Stand nicht mehr voll entspricht. Allerdings hat das Protoplasma Koazervatnatur. Die Entstehung polymolekularer Gebilde ist jedoch nicht vor die Entstehung der ersten Organismen zu setzen, sondern stellt bereits das Ergebnis einer weiteren Entwicklung der ersten Anfänge des Lebens dar. Die eigentliche Entstehung des Lebens vollzog sich jedoch auf molekularem Niveau.

Wir müssen also m. E. in der Selbstreproduktion der abiogen im Urozean entstandenen Polynucleotide und der Bildung von Eiweissen auf der Nucleinsäurematrize den Ursprung des Lebens suchen. Hierbei kann man durchaus annehmen, dass bereits auf molekulaem Niveau eine erste natürliche Auslese einsetzte, etwa in der Form, dass die autokatalytische Vermehrung des Nucleoprotids durch das auf der Nucleinsäurematrize syntetisierte Eiweiss kontrolliert wird. Dabei wären die Nucleoproteide mit den aktivsten Eiweisskomponenten natürlich im Vorteil. Man kann dabei folgenden Weg der Entstehung des Lebens annehmen:

Im Urozean waren, wie theoretische Überlegungen und auch experimentelle Angaben vieler Autoren belegen, die verschiedensten organischen Stoffe abiogen entstanden; darunter auch energiereiche Verbindungen vom Typ der Mono-, Di- und Triphosphate. Aus ihnen konnten auf rein chemischem Wege Mononucleotide entstehen, die unter der Wirkung anorganischer oder einfacher organischer Katalysatoren in Polynucleotide der verschiedensten Struktur übergingen. Diese waren bei günstigen Bedingungen, etwa bei Anwesenheit abiogen im Urozean entstandener Polypeptide (die Entstehung von Aminosäurepolymeren aus phosphataktivierten Aminosäuren ohne Vorlage einer Nucleinsäurematrize ist energetisch zwar schwieriger, aber doch möglich) in der Lage, sich durch Selbstreproduktion zu vermehren und gleichzeitig die Synthese von Polypeptiden aus aktivierten Aminosäuren zu kontrollieren. Die Reaktionen erfolgten noch sehr langsam, da Katalysatoren fehlten oder nur geringe Aktivität aufwiesen. Einige der gebildeten Polypeptide konnten ihrerseits die Autoreproduktion der Polynucleotide beschleunigen, wodurch wieder mehr Aminosäurepolymere gebildet wurden. Hier begann eine gewisse Selektion. Durch Unregelmässigkeiten in der Autoreproduktion der Polynucleotide entstanden manchmal Veränderungen in der Basensequenz, wodurch diejenigen, die die aktivsten Polypeptide auf ihrer Matrize aufbauten, einen Selektionsvorzug bekamen, so dass letzten Endes Nucleinsäuren entstanden, die die Synthese eines Ferments vom Typ der Nucleotidphosphorylase bewerkstelligten. Der primitivste Stoffwechsel bestand also in der Selbstreproduktion der Nucleinsäure und der Synthese des Fermenteiweisses, die unter günstigen Millieubedingungen erfolgte. Waren diese Bedingungen nicht vorhanden, so trat ein Zustand der Anabiose ein; der Stoffwechsel hörte auf.

Den Ursprung des Lebens bildeten nach dieser Vorstellung also Moleküle vom Typ der Nucleoprotide, und erst später traten lebende Gebilde auf, in denen mehrere Moleküle vereinigt waren und die ihren Stoffwechsel, etwa dadurch, dass Eiweisse syntetisiert wurden, die selbst die Synthese von Mononucleotiden

katalysierten, wesentlich aktiver und unabhängiger vom Milieu bewerkstelligten konnten.

Die Entstehung der ersten Spuren des Lebens und ihre weitere Entwicklung erfolgte dabei allein durch das Wirken von Gesetzen, die wir aus der anorganischen Bewegung der Materie kennen, unter Mitwirkung der natürlichen Selektion.

ANMERKUNGEN

- ¹ Dieser Aufsatz wird im Rahmen des Erfüllens des Freundschaftsvertrages zwischen der Ernst-Moritz-Arndt Universität zu Greifswald (DDR) und der Jan-Evangelista-Purkyně Universität zu Brno (CSSR) veröffentlicht. Dr. Dieter Bernhardt ist Oberassistent und Stellvertreter des Direktors des Instituts für Philosophie an der Universität zu Greifswald. Der vorliegende Beitrag ist der Text eines Referates, das in der biologisch-chemischen Sektion der wissenschaftlichen Konferenz „Die Stellung der Naturwissenschaften in der sozialistischen Gesellschaft“, die am 27. und 28. September 1963 in Greifswald stattgefunden hat, vorgetragen wurde.
- ² Vgl. W. G. Afanasjev, *Über Bertalanffys „organismische“ Konzeption*, Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 1962, Nr. 8, S. 1033–1046.
- ³ A. I. Oparin, *Die Entstehung des Lebens auf der Erde*, Berlin 1957, S. 245.

NĚKTERÉ FILOSOFICKÉ OTÁZKY VZNIKU ŽIVOTA

S otázkou vzniku života je těsně spjata otázka podstaty života. Přitom jsou jednostranně jak čistě strukturální, tak čistě funkcionální definice života; život je ve své podstatě jak řád, tak substrát, protože pro vysokou koordinaci procesů v organismech je nezbytný vysoce vyvinutý substrát. Při zjišťování specifičnosti života musí se dále brát v úvahu historičnost živých bytostí.

Biologické zákonitosti možno rozdělit do dvou skupin: 1. na zákonitosti působící v jednotlivém organismu, jak se uplatňují ve výměně látkové atd., a 2. na zákonitosti, které se pro-sazují ve vztazích mezi organismy. Zákonitosti první skupiny lze při jejich rozložení na jednotlivé prvky (Einzelschritte) redukovat na zákonitosti fyzikálně chemické; specificky biologická je jen jejich koordinace. U druhé skupiny není taková redukce přímo možná.

Vzhledem k novějším výsledkům v oblasti molekulární biologie a biochemie, speciálně v oblasti syntézy bílkovin a tvorby nukleinových kyselin v organismu, je nezbytně třeba přezkoušet naše dosavadní představy o vzniku života. K tomu, abychom dnes již, jak se zdá, nepovažovali koacervátovou hypotézu za udržitelnou, nás vedou tyto úvahy:

1. Koacerváty mohou vznikat pouze z vysoce molekulárních látek, jejichž velikost molekul dosahuje velikosti molekul recentních bílkovin a nukleinových kyselin.

2. Neexistuje žádný důvod k domněnce, že syntéza bílkovin a nukleinových kyselin probíhala na nejranejších stupních vzniku života zásadně jinak, než v recentních organismech, tj. podle teorie matic.

3. Jeví se jako možné, že anabióza byla u praorganismů s jejich ještě relativně nestálou a primitivní výměnou látkovou podstatně rozšířenější, než je dnes, a že v nevýhodných podmínkách prostředí měla velký význam pro jejich existenci.

4. I když recentní víry nedisponují žádnou výměnou látkovou a proto nemohou být označeny za živé bytosti v plném smyslu těchto slov, nesvědčí to proti jejich velmi starému původu. Je docela možné, že pocházejí z praorganismů a v důsledku toho, že v praoceánu ubylo organických látek, přešly k parazitismu v živých už rozvinutějších bytostech typu bakterií, při čemž ztratily schopnost vlastní autoreprodukce.

5. Podle Oparína začal výběr u prvních velmi labilních koacervátů. Eliminace „nepodařených“ koacervátových kapének však ještě nevysvětluje, jak v přeživších koacervátech vznikl cestou výběru koordinovaný systém reakcí. Podle Oparína vznikají fermenty a nukleinové kyseliny pouze v cyklu koordinovaných fermentativních reakcí. Při každém dělení byl by tento cyklus narušen.

Vznik polymolekulárních útvarů (koacervátů) nelze tedy klást před vznik života, ale představuje už výsledek dalšího vývoje prvních počátků života. Původ života je tak třeba hledat v autoreprodukci polynukleotidů vzniknuvších abiogenně v praoceánu a v syntéze bílkovin na matrici nukleinových kyselin. Tím začal už na molekulární úrovni první výběr, asi v té podobě, že se autokatalytická tvorba nukleinových kyselin kontrolovala bílkovinou vytvořenou na matrici, v důsledku čehož byly ve výhodě nukleoproteidy s neaktivnějšími bílkovinnými komponenty. Nepravidelnosti v autoreprodukci nukleinových kyselin mnohdy způsobily změnu ve sledu fází, čímž — působením selekce — vznikaly nukleinové kyseliny, které uskutečnily syntézu fermentu typu nukleotidfosforylázy. Nejjednodušší výměna látková spočívala tedy v autoreprodukci nukleinových kyselin a v syntéze bílkoviny jako fermentu na matrici nukleinových kyselin. Přitom došlo ke vzniku prvních stop života, a to jediné působením zákonů, které známe z anorganické formy pohybu hmoty, ovšem za spolu-působení přirozeného výběru.

Přeložil *L. Tošenovský*