

Woher kommt das Leben?

Auf dem Prüfstand: Wie plausibel ist aus naturwissenschaftlicher Sicht die Entstehung von Leben als Folge ungeplanter, rein kausal-mechanistischer Prozesse?



[PETER IMMING]

Der Chemie-Nobelpreisträger *Melvin Calvin* schrieb in seinem Buch «Chemical Evolution», in dem es um Urzeugung und Lebensentstehung geht: «Die monotheistische Sichtweise scheint die historische Grundlage der modernen Wissenschaft zu sein.»¹ Davon auszugehen, dass es einen Gott und Schöpfer gibt, war also ein sehr wissenschaftsfreundliches Vorgehen und ist es immer noch. Ausgangspunkt meiner Überlegungen soll daher die erste Aussage des christlichen Glaubensbekenntnisses sein: Gott ist Schöpfer des Himmels und der Erde. In neutestamentlicher Formulierung:

«Das von Gott Erkennbare ist unter ihnen offenbar, da Gott es ihnen geoffenbart hat; denn sein unsichtbares Wesen, das

ist seine ewige Kraft und Gottheit, wird seit Erschaffung der Welt an den Werken durch Nachdenken wahrgenommen» (Römer 1,19–20; Schlachter-Übersetzung 1951).

Mit diesem Ausgangspunkt treten wir an die Natur mit der Erwartung heran, irgendwo in dem Geschehen zwar nicht Gott, aber seine «ewige Kraft» und «Göttlichkeit» wahrzunehmen.

Der berühmte Mathematiker und Astronom *Johannes Kepler* hat die Motivation christlicher Naturforschung benannt: «Unser Bildner hat zu den Sinnen den Geist gefügt, nicht bloss, damit sich der Mensch seinen Lebensunterhalt erwerbe ..., sondern auch, damit wir vom Sein der Dinge, die wir mit den Augen betrachten, zu den Ursachen ihres Seins und Werdens vordringen, wenn auch weiter kein Nutzen damit verbunden ist.»²

Wir gehen von einem «Dreieck» aus der Beziehung zum Schöpfer, seiner genialen Schöpfung und uns selbst mit unseren Gaben und Fähigkeiten, nicht von einem «Zweieck» aus Mensch und Natur. Wir haben Hände, Gehirn usw., und die wollen wir einsetzen, um uns sowohl schlicht als auch wissenschaftlich, im Geniessen und im Erforschen, an dem zu erfreuen, was er gemacht hat.

Bei christlicher Prägung ist schliesslich Ziel auch der wissenschaftlichen Betätigung, Gott zu ehren. Johannes Kepler beendete sein grosses Werk «Weltharmonik» deshalb mit den Worten:

«Aus ihm und durch ihn und in ihm ist alles. Das, was mit den Sinnen erfasst, wie das, was im Geiste erkannt wird. Das, was uns noch gänzlich unbekannt ist, wie das, was wir wissen und was nur einen kleinen Bruchteil von jenem ausmacht ... Ihm sei Lob, Ehre und Ruhm in alle Ewigkeit.»³

Somit sind Ausgangspunkt, Motivation und Ziel der christlichen Wissenschafts-Prägung formuliert. Finden wir davon etwas wieder, wenn wir uns konkret mit dem Übergang von toter zu lebender Materie beschäftigen?

Alle Lebewesen bestehen aus Molekülen, die selbst nicht lebendig sind. Wie können einfachste Lebensformen aus einer Ansammlung toter Moleküle entstanden sein? Wie können vorher die Moleküle entstanden sein, die man speziell für Leben benötigt? Worin unterscheidet sich lebende von toter Materie?

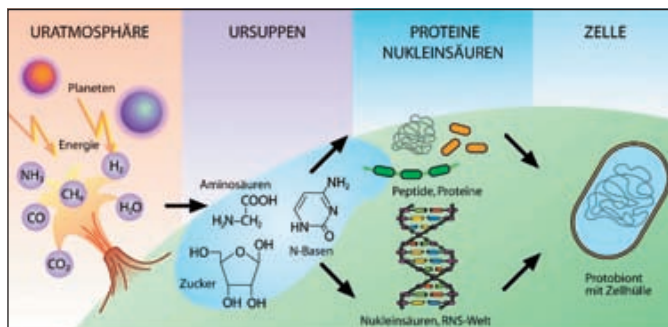


Abb. 1: Vier hypothetische Stationen auf einem hypothetischen Weg vom Leblosen zum Leben, die im Verlauf einer «chemischen Evolution» notwendigerweise durchlaufen werden müssten. Die Grafik stellt schwerpunktmässig den «Replikator-zuerst»-Weg dar. Abb. aus Junker/Scherer, «Evolution – ein kritisches Lehrbuch», Giessen 2006.

Alle diesbezüglichen Überlegungen basieren nicht auf Daten von tatsächlich beobachteten Vorgängen einer Lebensentstehung, denn solche Daten liegen nicht vor. Vielmehr handelt es sich um theoretische Modellvorstellungen. Fragen nach der Entstehung erster Lebewesen sind historische Fragen, denn es wird nach (bio)chemisch möglichen Ereignissen in vergangener Zeit gesucht. Unter Bezug auf Indizien, die aus der geologischen Vergangenheit stammen, oder mittels experimenteller Simulation werden vergangene Abläufe postuliert oder ausgeschlossen. Die Plausibilität der Modelle wird anhand ihrer Konsistenz geprüft: Stehen die einzelnen postulierten Schritte der Lebensentstehung im Einklang mit unserem physikalisch-chemischen Wissen?⁴

Es gibt mindestens vier Organisationsstufen des Seins, die sich nach Auffassung vieler Naturphilosophen und -wissen-

schaftler einer Erklärung durch graduelle Entstehung entziehen: der Übergang vom Nichtsein zum Sein; der Übergang von toter zu lebender Materie; der Übergang zum Bewusstsein und der Übergang von Nicht-Sittlichkeit zu Sittlichkeit.

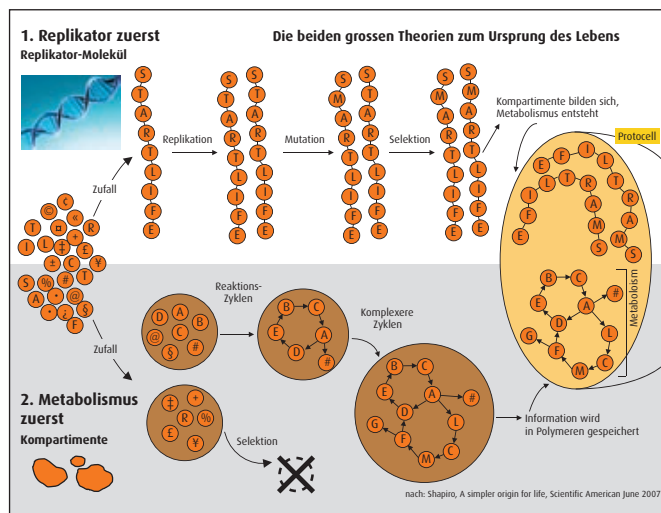


Abb. 2: Schematische Darstellung der chemischen Evolution im Rahmen der «Replikator-zuerst»- (oben) und der «Metabolismus-zuerst»-Hypothesen (unten). Die Buchstaben und Symbole stehen für Moleküle oder chemische Reaktionsschritte. (Modifiziert nach Shapiro 2007)

Der erste Übergang gehört zur Frage nach einem kosmischen Urknall.⁵ Der dritte wird oft auf dem Wege von Definitionen wegzuerklären versucht, siehe die Analyse dieser Argumentationen bei Spaemann & Löw⁶. Der vierte beinhaltet die Frage nach der Begründung einer Ethik. Der Unterschied von lebender und toter Materie (Übergang 2) beschäftigt vor allem Chemiker und Informatiker. Erlauben die bekannten Gesetze der Chemie und Informationstheorie eine Umorganisation von Materie in dem Sinne, dass Biomoleküle und Biomolekülverbände («Hardware») sowie biochemische und zelluläre Organisationsformen («Software») ohne «integratives Management»⁷ entstehen?⁸

Abbildung 1 illustriert die gängige Vorstellung, wie aus einer «Uransammlung» irgendwelcher Chemikalien, man sagt oft Uratmosphäre, kleine Moleküle entstanden, diese sich zu grösseren Molekülen oder Reaktionszyklen, zu Molekülverbänden und schliesslich zu Zellen organisierten. Daran soll sich die zelluläre und organismische Höherentwicklung angeschlossen haben, die Evolution im engeren – biologischen – Sinne.

Wie kann man von den Urmolekülen zu Aminosäuren, Peptiden und Nukleinsäuren kommen? Eine Mehrheit von Naturwissenschaftlern bedenkt aus weltanschaulichen Gründen nur Erklärungsmodelle, die Lebensentstehung ganz von allein stattfinden lassen: Die dafür notwendigen chemischen Veränderungen hätten unbeabsichtigt, ungesteuert und un gelenkt stattgefunden. Mit dieser Vorentscheidung werden derzeit im Wesentlichen zwei Gruppen von Hypothesen diskutiert.

Die eine Hypothesengruppe sagt, dass als erste bedeutsame Etappe ein Replikator entstand, also ein höhermolekulares replikationsfähiges Molekül. Moleküle sind die kleinen Materiebausteine, die aus den noch kleineren Atomen zusam-

mengesetzt sind. Replikationsfähig heisst, dass die gesuchte Molekülsorte identisch oder fast identisch vervielfältigt werden kann. Es geht um die ursprüngliche Entstehung von bestimmten Molekülen – vor dem Leben und bevor Lebewesen da waren, die replikationsfähig sind. Favorisiert werden Eiweisse (Proteine) oder Ribonukleinsäuren (RNS) als erststandene Bausteine heute existierender Lebewesen. Hypothesen mit diesem Ansatz werden kurz als «Replikator zuerst» bezeichnet.

Die zweite Hypothesengruppe sagt, es seien als erste bedeutsame Etappe energiegetriebene Netzwerke chemischer Reaktionen entstanden. Dafür braucht man anfangs nur niedermolekulare (kleinere) Substanzen. Diese Hypothesen werden kurz als «Stoffwechsel zuerst» (engl. «metabolism first») bezeichnet.

Es gibt auch noch andere Einteilungsmöglichkeiten, aber dies ist eine gängige, vom Standpunkt der Chemie ausgehende Einteilungsform der Theorien zum Ursprung der für Leben notwendigen Moleküle. Heute existierende Lebewesen benötigen natürlich beides gleichzeitig, also sowohl replikationsfähige Moleküle als auch Netzwerke chemischer Reaktionen.

Abbildung 2 skizziert schematisch, wie man sich den Weg von einem Urensemble einfacher Moleküle oder Reaktionschritte zu einem ersten Replikator oder Reaktionszyklus und weiter zu einer Protozelle vorstellt. Die «Replikator-zuerst»-Theorien sind einem breiteren Publikum unter dem Begriff «Ursuppen-Theorie» bekannt geworden. Hierher gehören die berühmten Miller-Experimente, bei denen in Mischungen einfacher Chemikalien einige Aminosäuren, Bausteine von Peptiden, entstanden. *Robert Shapiro* ist einer der Forscher, die sich seit Jahrzehnten mit der Frage der Erzeugung beschäftigen. Im Jahr 2007 hat er zusammenfassend begründet, warum er den «Replikator-zuerst»-Weg – ein chemisch sehr langer Weg – für ungangbar hält. Er fasst seine Skepsis in einer anschaulichen Analogie zusammen: «Das zentrale Problem lässt sich anhand einer Analogie erläutern: Nachdem ein Golfer einen 18-Loch-Kurs erfolgreich absolviert hat, behauptet er, der Ball hätte das auch ohne ihn schaffen können [unter der Einwirkung natürlicher Kräfte], wenn man ihm nur

Ist es nicht ein Wunderglaube, dass das alles von allein zusammentraf und zusammenspielte?

genügend Zeit gelassen hätte. Ähnlich wie in diesem Vergleich widersprüche die spontane Entstehung von RNS [oder einem anderen höhermolekularen Replikator] keinem Naturgesetz; nur wäre sie extrem unwahrscheinlich gewesen.»⁹

Das Reden über Wahrscheinlichkeiten kommt hier nicht von der Seite der Schöpfungsgläubigen, denen es gelegentlich als angeblich unbrauchbares Argument vorgeworfen wird. Sondern es kommt von dem Schöpfungskeptiker Shapiro. Er schreibt weiter: «Selbst wenn die Natur tatsächlich eine Ursuppe aus Nucleotiden oder einfacheren analogen Bausteinen hergestellt hätte, wäre deren spontane Verknüpfung zu Replikatoren noch sehr viel unwahrscheinlicher gewesen als die Entstehung der Suppe selbst. Nehmen wir einmal an, eine solche Bouillon hätte existiert, noch dazu unter Bedin-

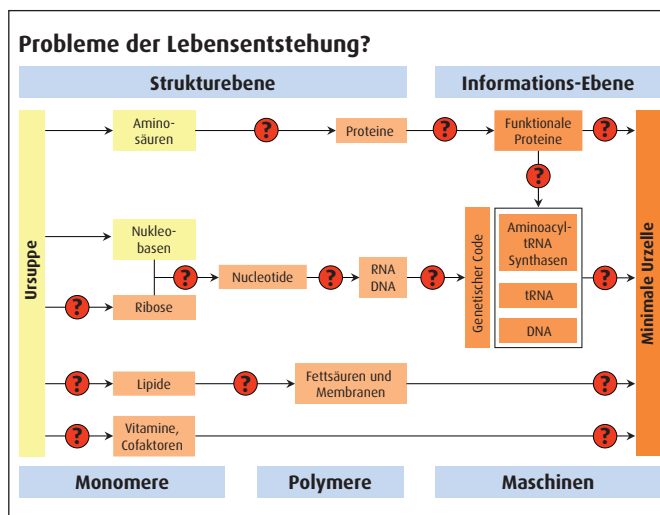


Abb. 3: Probleme einer ungewollten Entstehung lebender Zellen und ihrer molekularen Bausteine. Fragezeichen auf den Pfeilen bedeuten, dass man keinen Weg und Mechanismus für die ungewollte Entstehung weiss. (Modifiziert nach Binder, Scherer & Imming 2007)

gungen, welche die Bildung längerer Molekülketten begünstigen. Dann wären die wachsenden Polymere von Unmengen an ungeeigneten Bausteinen umgeben gewesen, nach deren Einbau die entstehende Kette die Fähigkeit zur Replikation verlor.»¹⁰

In der Tat muss man im Labor bei der Synthese von Proteinen oder Nucleinsäuren mit sehr reinen Ausgangsstoffen arbeiten und auch Zwischenprodukte sehr sorgfältig reinigen, um erfolgreich zu sein. In der «freien Natur» wären diese hinsichtlich ihrer Entstehung und ihres Feinbaues sehr empfindlichen Stoffe so vielen anderen chemischen Einflüssen ausgesetzt, dass eine un gelenkte, ungeplante Entstehung allen bekannten Gegebenheiten und Gesetzmässigkeiten völlig widerspricht. Das hat der Polymerchemiker *Bruno Vollmert* schon vor Jahren für Nucleinsäuren gezeigt.¹¹

Shapiro konstatiert schliesslich ohne jede Einschränkung im vollen Bewusstsein der vielen Experimente zu Ursuppen, Peptidbildungen in trockenfallenden Salzlösungen, RNS-Welten usw.: «DNS, RNS, Proteine und andere grosse, komplexe Makromoleküle scheiden damit als Mitspieler beim Ursprung des Lebens aus.»¹²

Das ist eine klare Aussage von jemand, der sich wirklich mit dieser Thematik auskennt und, soweit ich weiss, kein Interesse hat, einer von ausserhalb der Materie kommenden Einflussnahme das Wort reden zu wollen. Trotzdem wird derzeit vor allem die «RNS-zuerst»-Hypothese weiterverfolgt, zum Beispiel in einem 2010 erschienenen Buch¹³. Eine dem Buch wohlgesonnene Rezension schloss jedoch mit dem Resümee, dass «gegenwärtig die RNS-Welt Mutmassung bleibt».¹⁴ Eine üblicherweise vorgetragene Fülle «experimenteller Bestätigungen» sollte uns nicht darüber hinwegtäuschen, dass regelmässig die Experimente sehr genau von den Forschern aufgesetzt und gesteuert wurden, also das Gegenteil von Nicht-Kreativität. Dabei werden oft vorgefertigte Bausteine hineingegeben, um deren ursprüngliche Entstehung es erst gehen soll – siehe dazu folgend ein Zitat von *Leslie Orgel* (Anmerkung 20)! Und dass sich RNS in entsprechenden biochemischen Systemen innerhalb gewisser Grenzen verändert

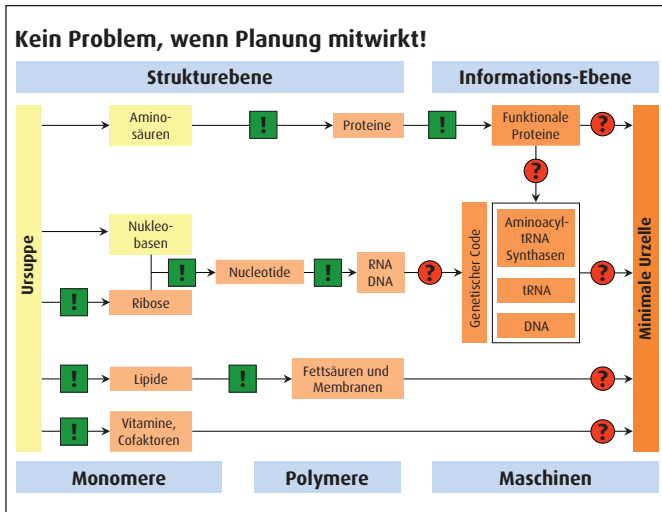


Abb. 4: Unter Einbeziehung von Versuchsplanung, Versuchskontrolle und Hinarbeiten auf ein vordefiniertes Ziel verschwinden empirisch viele Fragezeichen der Abb. 3. Ausrufungszeichen auf den Pfeilen bedeuten, dass man für diesen Schritt Wege und Mechanismen für die geplante Herstellung weiss und im Labor bereits vollzogen hat. Alle Ausrufungszeichen sind auf dem Wege wissenschaftlicher Forschung entdeckt und erarbeitet worden. Wissenschaftlicher Fortschritt lässt mindestens im Falle der Lebensentstehung ein Szenario immer unplausibler werden, das einen intelligenten, planenden, willentlichen Einfluss zu negieren versucht. (Modifiziert nach Binder, Scherer & Imming 2007)

(mutiert), ist etwas anderes als die Frage nach der ursprünglichen Entstehung solcher Moleküle und Systeme.

Wir halten aus Shapiros Analyse vor allem den positiven Aspekt fest: dass «Replikator-Synthesen» in der Praxis wohl funktionieren, aber nur, wenn die Synthesen geplant sind und auf ein vorher festgelegtes Ziel hin durchgeführt werden. Um beispielsweise Proteine oder Nucleinsäuren herzustellen, benötigt man bestimmte Chemikalien. Das ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung. Was unbedingt auch benötigt wird, sind Wissen, Planung und Ziel.

Die zweite Theoriengruppe zum Ursprung des Lebens postuliert die Entstehung energiegetriebener Netzwerke. Das sind Zyklen chemischer Reaktionen, die irgendwann stabil werden und sich weiterentwickeln. Wir können uns auf einen sehr aktuellen Übersichtsartikel eines der ganz Grossen auf dem Gebiet der Urzeugungsforschung stützen: Leslie Orgel (1927–2007). In einem Nachruf auf Orgel hiess es: «Er hat sich mit jeder Fragestellung zu den Ursprüngen des Lebens beschäftigt.»¹⁵ In einem Artikel, den er kurz vor seinem Tod verfasste, stellt er zusammen, warum er glaubt, dass die «Stoffwechsel-zuerst»-Hypothesen aus chemischen Gründen nicht funktionieren.

Der «Stoffwechsel-zuerst»-Hypothese zufolge haben sich einfache Moleküle zufällig in dem Sinne zusammengefunden, dass sie in energiegetriebenen Reaktionsketten miteinander verknüpft sind. Wenn sich die Ketten nicht zu Zyklen schliessen und stabilisieren, also sozusagen ständig weiterlaufen, so verschwinden sie wieder. In Anlehnung an biologische Prozesse wird von Selektion gesprochen. Andere Reaktionszyklen hätten sich nicht nur stabilisiert, sondern zu komplexeren Zyklen vernetzt. Schliesslich sollen die Zyklen in der Lage sein, Proteine und/oder Nucleinsäuren hervorzubringen, die

nicht nur replikationsfähig sind, sondern auch Information speichern können. Woher die Information kommt, wird nicht näher erläutert.

Was schreibt Leslie Orgel zu diesen Vorstellungen? Geschlossene, sich selbst unterhaltende Reaktionszyklen sind für diese Hypothese essentiell. Aber es reicht nicht aus, einen solchen chemischen Zyklus zu haben. Man braucht mehr: «Es ist klar, dass die Existenz einer Abfolge katalysierter Reaktionen, die einen autokatalytischen Zyklus bilden würden, eine notwendige Bedingung dafür ist, dass der Zyklus dauerhaft arbeitet, aber es ist keine hinreichende Bedingung. Ebenfalls notwendig ist, dass Nebenreaktionen vermieden werden, die den Zyklus sprengen würden.»¹⁶

Sobald «Neben»-reaktionen den Zyklus stören oder gar zerstören, indem sie dem Zyklus Moleküle entziehen, bricht er zusammen – genau wie «Neben»-reaktionen verhindern, dass beispielsweise in Miller-Experimenten replikationsfähige Polymere in ausreichender Länge entstehen. Diese chemisch schlüssige Argumentation Orgels läuft darauf hinaus, dass es die erforderlichen «stabilen» Zyklen gar nicht gibt. Man muss den Zyklus getrennt von anderen chemischen und physikalischen Vorgängen stattfinden lassen. Das ist kein Problem bei kontrollierter Versuchsdurchführung. In der freien Natur – wohlgerne vor der Entstehung von Lebewesen – läuft es nicht so, wie man es für die Lebensentstehung braucht. Orgel schreibt weiter: «Es ist nicht vollkommen unmöglich, dass hinreichend spezifische mineralische Katalysatoren für jede der Reaktionen des reversen Zitratzyklus existieren – aber die Aussicht, dass ein kompletter Satz solcher Katalysatoren an einer bestimmten Stelle auf der ursprünglichen Erde vorkam bei gleichzeitiger Abwesenheit von Katalysatoren für Zyklus-zerstörende Nebenreaktionen, scheint extrem abseitig zu sein.»¹⁷

Für Leben werden sehr viele Dinge gleichzeitig benötigt. Wie stark kann man das «herunterbrechen» auf kleine und wenige Einheiten, so dass eine Selbstentstehung des Lebens plausibel erscheint? Ist es nicht ein Wunderglaube, dass das alles von allein zusammentraf und zusammenspielte? Leslie Orgel jedenfalls verwendet die Worte «glauben» («believe») und «mysteriös» («mysteriously»): «Warum sollte jemand

Man benötigt nicht nur «blinde» Materie, sondern auch Kreativität.

glauben, dass eine Ansammlung von Mineralien, die in der Lage wären, jeden der vielen Schritte des reversen Zitratzyklus zu katalysieren, irgendwo auf der primitiven Erde vorhanden war? Oder dass sich der Zyklus auf mysteriöse Weise topografisch auf einer Metallsulfid-Oberfläche selbstorganisiert hat?»¹⁸

Als «Erklärung» für solche wundersamen Ereignisse wird gern von «it organized itself» (Selbstorganisation) gesprochen.¹⁹ Orgel schreibt zu diesem Thema: «*Ghadiri* und Mitarbeiter (...) zeigten die Selbstorganisation von Netzwerken von Verknüpfungsreaktionen [hier geht es um Peptidbildung], wenn mehr als zwei sorgfältig entworfene [Orgel: «designed»] Peptide für den Anfang verwendet wurden. Diese Befunde können *Kauffmans* Theorie [zur Entstehung von Peptiden]

nicht stützen, wenn nicht die präbiotische Synthese der speziellen Anfangs-peptide mit 15 und 17 Aminosäureeinheiten aus monomeren Aminosäuren erklärt werden kann.»²⁰

Konkreter Bezug ist eine bestimmte Theorie des Wissenschaftlers Kauffman, wie Peptide – kleine Eiweiße – von selbst entstehen könnten. Die Synthese funktioniert nur, wenn man mit eigens ausgewählten, gezielt hergestellten Peptiden beginnt. Damit wurde gezeigt, dass Peptide entstehen können, wenn man mit Plan und Verstand herangeht: «Ghadiris Experimente veranschaulichen ein «intelligent design» [Orgels Formulierung!] von Peptiden, die man als Input benötigt. Sie veranschaulichen nicht die spontane Selbstorganisation polymerisierender Aminosäuren.»²¹

Experimente, bei denen der Syntheseweg so gelenkt wird, dass die gewünschten Produkte entstehen, sind Beispiele für Schöpfung, nicht für Selbstorganisation oder ungelenkte Entstehung. Orgel fasst seine Erkenntnis zu «Stoffwechsel-zuerst»-Hypothesen zusammen und drückt sich dabei genauso rigoros aus wie Shapiro (siehe oben): «Keine dieser Möglichkeiten und keine, die ich kenne, erklärt, wie eine komplexe vernetzte Familie von Reaktionszyklen, die zur Evolution fähig ist, entstehen konnte oder warum sie stabil sein sollte.»²²

Wie sollen sich Moleküle ungelenkt, unbeabsichtigt und ungeplant chemisch zusammenfinden oder wie sollen sich stabile Zyklen bilden, wie wir sie in Lebewesen vorfinden? Die Entstehung der für Lebewesen erforderlichen Moleküle ist ein Problem, wenn man mit dem Primat des Materialismus herangeht. Eigentlich haben wir hier aber weder ein Problem noch eine Wissenslücke vor uns, sondern einen klaren positiven Befund: dass man nicht nur «blinde» Materie, sondern auch Kreativität benötigt. Abbildung 3 und 4 fassen unseren Kenntnisstand hinsichtlich Lebensentstehung zusammen. Der Befund gilt für sowohl die «Replikator-zuerst»- als auch die «Stoffwechsel-zuerst»-Hypothesen. Wir sehen nicht Wissenslücken oder Probleme, sondern einen Befund. Es sind nur dann Lücken, wenn man prinzipiell durch weltanschauliche bewusste Vorentscheidung oder unbewusste Prägung darauf festgelegt ist, nur kausalmechanistische Erklärungen (eigentlich: Beschreibungen) im Rahmen einer materialistischen Weltsicht zulassen zu wollen.

Wenn man einen Weg von toter Materie zur minimalen Urzelle beschreiten will, muss man sehr viele einzelne Stadien durchlaufen (Abb. 3 und 4). Zunächst muss das Material bereitstehen. Das Material muss sich zu komplexerem Material organisieren. Das komplexe Material muss funktional werden. Das bedeutet: Wir wechseln von einer Struktur- zur Informationsebene. Der Begriff der biologischen Information ist noch nicht klar definiert. Jedenfalls ist es etwas anderes als die geordnete Struktur beispielsweise eines Kristalls. Es ist Organisiertheit.²³ Bei Schritten in Abb. 3, wo ein Fragezeichen steht, ist eine ungelenkte, ungewollte Entstehung der jeweiligen Stoffe oder Information nicht möglich. Wenn man das Ganze sich selbst überlässt, kommt man jedenfalls – bevor lebende Zellen da sind – nicht weiter.

Aber die vielen Fragezeichen sind nicht die eigentliche Erkenntnis. Ich argumentiere nicht dafür, hier Lücken zu sehen und mit «Gott» zu füllen. Eigentlich sehen wir einen Befund – einen positiven, auf dem Wege der wissenschaftlichen Erforschung der biochemischen Moleküle und Reaktionen ge-

wonnenen Befund. Der Befund ist: Kreativität und Planung sind notwendig.

Ob das am Anfang des Lebens so war, entzieht sich natürlich der direkten Beobachtung. Aber zu sagen, dass es am Anfang anders war, ist nur dann erforderlich, wenn der weltanschauliche Rahmen keinen planenden, willentlichen, teleologischen Einfluss zulässt. Auf der Basis unseres Wissens ist die Schlussfolgerung nahe liegender, dass die Lebensentstehung nicht von allein vonstatten geht und ging. Das ist gegenwärtig der Stand der Wissenschaft. Wenn wir vielleicht eines Tages eine Urzelle werden herstellen können – de novo, im Labor –, wäre das gerade ein Beispiel für Kreativität und nicht für Selbstentstehung. Denn wenn wir es schaffen, hätten wir jede Menge Gehirnschmalz, Planung und sorgfältige, kontrollierte Versuchsdurchführungen in die Synthese der Zellen gesteckt.

Wissenschaft liefert nach meinem Dafürhalten Indizien für die Notwendigkeit planvollen Vorgehens, wenn man die Moleküle des Lebens herstellen will. Damit ist nicht erkannt oder entschieden, wie der Vorgang der Lebensentstehung ablief. Aber es ist eine wesentliche Komponente erkannt: Kreativität. Darum ging es im 1. Teil des Artikels in *factum 3/2010*. Biblisch formuliert, finden wir die Aussage aus Römer 1 bestätigt, dass die Schöpfung Gottes ewige Kraft und Göttlichkeit erkennen lässt. ■

Peter Imming ist Professor für Pharmazeutische Chemie in der Biowissenschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Er interessiert sich für Arzneistoff-Forschung, aber auch für Grenzfragen von Wissenschaft und christlichem Glauben und ist 2. Vorsitzender der Studiengemeinschaft Wort und Wissen.

Dieser Artikel basiert auf einem Vortrag auf dem 1. Regensburger Forschungssymposium an der Universität Regensburg. In erweiterter Fassung erschien er in: Hans-Joachim Hahn, Richard McClary, Christiane Thim-Mabrey (Hrsg.) «Atheistischer und jüdisch-christlicher Glaube: Wie wird Naturwissenschaft geprägt?» Books on Demand, Norderstedt 2009.

- 1 Calvin, Melvin: *Chemical Evolution*. Oxford: Oxford University Press, 1969, S. 258.
- 2 Brief Keplers an S. v. Herberstein, Breitsohl-Klepser 1976, S. 52.
- 3 Kepler, J. *Weltharmonik V*, 10, S. 356.
- 4 Binder, Harald; Scherer, Siegfried; Imming, Peter: «Was ist über die Entstehung des Lebens bekannt?» In: Besier, Gerhard; Seiwert, Hubert (Hrsg., 2006): *Religion – Staat – Gesellschaft. Zeitschrift für Glaubensformen und Weltanschauungen*. Jg. 7, Heft 2, S. 389–416. Berlin, 2007.
- 5 Pailer, Norbert; Krabbe, Alfred: *Der vermessene Kosmos*. Holzgerlingen: Wort und Wissen, 2006.
- 6 Spaemann, Robert; Löw, Reinhard: *Natürliche Ziele*. Stuttgart: Klett-Cotta, 2005.
- 7 Trevors, J. T. & Abel, D. L. *Chance and necessity do not explain the origin of life*. *Cell Biology International*, Bd. 28 (2004), S. 729–739.
- 8 Imming, Peter; Bertsch Eberhard: «Zufall und Notwendigkeit erklären den Ursprung des Lebens nicht». In: *Studium Integrale Journal* Nr. 2, Bd. 14 (2006), S. 55–65.
- 9 Shapiro, Robert: «A simpler origin for life». In: *Scientific American* June, Nr. 2, Bd. 296 (2007), S. 23–31; auf Deutsch in: *Spektrum der Wissenschaft*, November 2007, S. 65–72. S. 67. [Erläuterungen in eckigen Klammern von mir].
- 10 Ebd., S. 67–68.
- 11 Vollmert, Bruno: *Das Molekül und das Leben. Vom makromolekularen Ursprung des Lebens und der Arten: Was Darwin nicht wissen konnte und Darwinisten nicht wissen wollen*. Reinbek: Rowohlt, 1984.
- 12 Shapiro (2007), S. 68.
- 13 Los Angeles Times, 31.10.2007. Übersetzung des Zitates von P. I.
- 14 Yarus, Michael: *Life from an RNA world*. Cambridge, USA: Harvard University Press 2010.
- 15 Harris, Tim: *Evidence for RNA origins*. *Nature* Bd. 464 (2010). S. 494.
- 16 Orgel, Leslie: «The implausibility of metabolic cycles on the prebiotic earth». In: *PLoS Biology* 2008, 6(1), e18, doi: 10.1371/journal.pbio.0060018. Zitate übersetzt von P. I. S. 0008.
- 17 Ebd., S. 0008.
- 18 Orgel (2008), S. 0012. Wegen der benötigten Oberflächen wurde in Analogie zu «Ursuppe» der – natürlich nicht ernst gemeinte – Begriff «Urpizza» geprägt.
- 19 z. B. Cornish-Bowden, Athel; Cárdenas, Maria Luz: «Self-organization at the origin of life». In: *Journal of Theoretical Biology* Bd. 252 (2008), S. 411–418.
- 20 Orgel (2008), S. 0011.
- 21 Ebd., S. 0011.
- 22 Ebd., S. 0010.
- 23 Abel, D. L. & Trevors, J. T.: *Self-organizations vs. selfordering, events in life-origin models*. *Physics Life Rev.* Bd. 3 (2006), S. 211–228.