

Staubkörner als Lebensfabriken – Ursprung des Lebens doch außerhalb der Erde?

In der Lebensursprungsforschung scheint es im Trend zu liegen, kosmische Szenarien für die Entstehung des Lebens zu befürworten. Ein möglicher Grund dafür sind zahlreiche Misserfolge der klassischen Hypothesen für einen irdischen Ursprung des Lebens. Die Forschungsgruppe um KRASNOKUTSKI präsentierte kürzlich einen neuen Vorschlag zur Lösung des Problems der Bildung kleiner Peptide als Vorstufen von Proteinen.

Boris Schmidtgall

Ende der bisherigen Präbiotik-Forschung?

Nachdem Stanley MILLER in den 1950er-Jahren seine erste Arbeit zur Ursuppenchemie veröffentlicht hatte, herrschte auf dem Gebiet der Lebensursprungsforschung große Euphorie. Sowohl Wissenschaftler als auch Medien sprachen von einem entscheidenden Durchbruch. MILLER selbst gab die gewagte Vorhersage ab, dass die Frage nach dem Ursprung des Lebens in 25 Jahren endgültig geklärt sein dürfte – und zwar im Sinne des Naturalismus, wonach Leben alleine durch physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten entstanden sein soll. Es folgte eine Flut an Hypothesen über mögliche Szenarien, wie ohne schöpferischen Input erste Zellen auf der Erde entstanden sein könnten. Doch alle experimentellen Ergebnisse widerlegten die empirisch testbaren Hypothesen und entlarvten sie als Sackgassen. Alles sprach klar gegen die Möglichkeit der Entstehung erster Zellen durch eine lange Verkettung ungesteuerter chemischer

Vorgänge. Die ursprünglichen Erwartungen wurden nicht bestätigt und in der Folge stellte sich zunehmend Ernüchterung, wenn nicht gar Frustration, ein.

MILLER gestand gegen Ende seiner Laufbahn in den 1990er-Jahren, dass alle bisherigen Modelle zum Ursprung des Lebens „Kopfgeburten“ seien und keineswegs brauchbare Erklärungen für den Anfang organismischen Lebens auf unserem Planeten (HORGAN 2000). Auch der US-amerikanische Biochemiker Frank HAROLD äußerte sich ungeachtet seines klaren Bekenntnisses zur Darwin'schen Lehre sehr kritisch zur Frage der Lebensentstehung (HAROLD 2014, 165): „Bisher scheinen wir der Erleuchtung kaum näher gekommen zu sein als A. I. Oparin oder J. B. S. Haldane.“ Die von ihm zitierten Wissenschaftler waren Pioniere auf diesem Gebiet in den 1920er-Jahren. Und Hans R. KRICHELDORF, Professor für Makromolekulare Chemie an der Universität Hamburg, resümiert seine Schlussfolgerung wie folgt (KRICHELDORF 2019, 239): „Die zahlreichen Kenntnislücken, Nega-

tivergebnisse und Gegenargumente [...] machen es beim augenblicklichen Kenntnisstand schwer, aus distanzierter, wissenschaftlicher Sicht die ehemalige Existenz einer zu Leben führenden chemischen Evolution zu akzeptieren.“

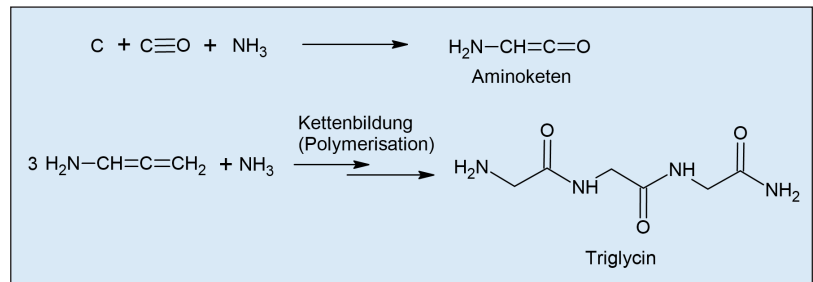
Es deutet also einiges darauf hin, dass die Zeit der klassischen präbiotischen Experimente wie dem Miller-Versuch bald vorbei sein könnte. Da liegt es nahe, nach gänzlich anderen Ansätzen zu suchen. Eine naheliegende Möglichkeit besteht darin, einen anderen Ort für die ersten Schritte zu den Molekülen des Lebens zu wählen. Tatsächlich melden sich in den letzten Jahren vermehrt Forscher zu Wort, die die Entstehung solcher Moleküle auf andere Himmelskörper als die Erde verschieben möchten. GREAVES et al. (2020a) veröffentlichten eine medial Aufsehen erregende Arbeit, in der sie behaupteten, das ausschließlich biologisch entstehende Phosphin auf der Venus nachgewiesen zu haben. Doch nach vehementer Kritik formulierten sie ihre Schlussfolgerung viel vorsichtiger und bezeichneten ihre Ergebnisse als vorläufig (GREAVES et al. 2020b).

Die Ära der klassischen präbiotischen Chemie könnte bald vorbei sein. Die Suche nach gänzlich anderen Ansätzen hat schon begonnen.

Allgemein wird angenommen, dass die Entstehung organischer Moleküle auf verschiedenen Weltraumkörpern wie Meteoriten oder Staubkörnern eine Selbstverständlichkeit sei (HERBST & VAN DISHOECK 2009; PIZZARELLO & CRONIN 1998). Und zuletzt gab eine wissenschaftliche Gruppe an, sogar Proteine in Meteoriten nachgewiesen zu haben. Bei näherer Betrachtung hat sich diese Behauptung aber als mangelhaft begründet erwiesen (SCHMIDTGALL 2021). Das Bemühen, Auswege aus der Sackgasse zu finden, resultiert offenbar nicht nur in neuen, unorthodoxen Ansätzen, sondern auch in einer verstärkten Tendenz zur Spekulation.

Experiment von KRASNOKUTSKI et al.: Bildung von Peptiden im Weltall?

Ein weiteres aktuelles Beispiel für den Trend, die Wiege des Lebens außerhalb der Erde zu suchen, ist die diesjährige Veröffentlichung von KRASNOKUTSKI et al., derzufolge auf Weltraum-Staub gebildete kleine Protein-Fragmente (Peptide) zur Entstehung erster Organismen beigetragen haben könnten (KRASNOKUTSKI et al. 2022). Als Grundlage für ihre These führt die Gruppe eine chemische Reaktion an, die in bestimmten Bereichen des Weltraums häufig stattfinden soll:



Die Autoren begründen ihre These zum einen mit dem im Weltall nachweislich häufigen Vorkommen der drei Ausgangsstoffe Kohlenstoff (C, in atomarer Form), Kohlenmonoxid (CO) und Ammoniak (NH₃) – selbst in kalten Bereichen des Universums. Zum anderen konnten sie anhand quantenchemischer Berechnungen zeigen, dass diese Reaktionen recht leicht ablaufen. Vom theoretischen Standpunkt her scheint dieses Konzept eine gute Lösung für das Problem der Bildung von Peptidbindungen zu sein. In wässriger Lösung lassen sich Aminosäuren nämlich nur schwer zu Ketten verbinden – wegen der deutlich stärker begünstigten Rückreaktion (also der Auflösung der Peptide), was für Szenarien der präbiotischen Chemie immer ein ernstes Problem ist.

KRASNOKUTSKI et. al. stellten aufbauend auf dieser Reaktion folgendes Szenario auf: In kalten Bereichen des Universums, wo eine Entstehung von Himmelskörpern durch Verdichtung der Materie noch nicht stattgefunden hat, entsteht das Aminoketen. Dieses wird von Staubkörnern aufgenommen und in wärmere Bereiche transportiert, wo die Verkettungsreaktion zum Polyglycin stattfinden kann. Schließlich gelangt das entstandene Peptid auf die Erde und kann zur schrittweisen Bildung erster Organismen beitragen.

Um ihre Hypothese zu bestätigen, führten die Autoren so etwas wie einen modernen Miller-Versuch durch. Sie ließen die drei Ausgangsstoffe (C, CO und NH₃) in einer geschlossenen Hochvakuumapparatur bei sehr niedrigen Temperaturen (nahe dem absoluten Nullpunkt) zur Reaktion kommen. Anschließend wärmten sie die Apparatur langsam auf, sodass die Kettenbildung stattfinden konnte. Das Ergebnis dieses Simulationsexperiments waren tatsächlich miteinander über Peptidbindungen verknüpfte Aminosäuren – allerdings ausschließlich Glycin. Mit Hilfe verschiedener spektroskopischer Methoden konnten die Experimentatoren die Moleküle nachweisen.

Die Autoren schlussfolgerten aus ihren Ergebnissen, dass die Chemie selbst unter Weltraumbedingungen noch viel weiter in Richtung dessen ginge, was für die Entstehung von Leben notwendig sei, als bisher angenommen, und dass diese Ergebnisse die „Möglichkeiten einer evolutionären Chemie und Biologie er-

Abb. 1 Der Reaktionsverlauf ausgehend von atomarem Kohlenstoff (C), Kohlenmonoxid und Ammoniak über Aminoketen bis hin zum Triglycin (oder Polyglycin bei mehr als drei Aminoketen-Molekülen).

Geschulten Chemikern dürfte klar sein, dass KRASNOKUTSKIS Ansatz für die Entstehung der 20 natürlichen Aminosäuren untauglich ist.

weitem“. Auch einige populärwissenschaftliche Zeitschriften kommentierten diese Publikation in gewohnt optimistischer Heureka-Rhetorik. In einem Artikel des scinexx-Wissenschaftsmagazins heißt es: „Selbst auf Staubkörnern im interstellaren Raum können demnach entscheidende Lebensbausteine entstanden sein“ (PODBREGAR 2022).

Diskussion

Wie aber passt diese Euphorie zu den Forschungsergebnissen? Während die Proteine von Lebewesen aus einem Reichtum von 20 verschiedenen Aminosäuren bestehen und nicht selten Längen von über 1000 Aminosäuren erreichen, erhielt die Forschungsgruppe nur sehr kurze Peptide aus 3-4 Glycin-Einheiten. Für biologische Funktionen sind solche Moleküle nicht relevant. Zudem dürfte es für geschulte Chemiker offenkundig sein, dass die von KRASNOKUTSKI vorgeschlagene Chemie für die Entstehung der in Lebewesen vorkommenden 20 Aminosäuren in keiner Weise geeignet ist. Sollten nämlich Aminosäuren mit komplexeren Seitengruppen unter den experimentellen Bedingungen vorliegen, würden sie sofort mit dem hochreaktiven Aminoketen chemische Reaktionen eingehen und ein Gemisch verschiedener Reaktionsprodukte ergeben, die für das Leben abträglich sind (z. B. nicht nur lineare, sondern auch 3-dimensional quervernetzte Peptide).

Es ist wohl auch grundsätzlich nicht zu erwarten, dass das Weltall nennenswert komplexe organische Moleküle liefern kann, da die harte Strahlung verschiedener Sterne sehr zuverlässig größere organische Moleküle zerstört. Zudem stellt unter üblicherweise skizzierten kosmischen Bedingungen die extrem geringe lokale Konzentration der betrachteten Komponenten für weitere Reaktionsschritte ein schwerwiegendes Problem dar. Dementsprechend ist die nüchterne Einschätzung von KRICHELDORF deutlich realistischer (2019, 239): „Die von Radikalen und aggressiven Ionen dominierte Chemie des Weltalls sowie Folgereaktionen in Asteroiden, Kometen und Meteoriten sind einer chemischen Evolution hin zu lebenden Organismen diametral entgegengesetzt.“

Außerdem haben die Autoren das Problem der Knüpfung von Peptidbindungen keineswegs gelöst, da die kleinen Peptide nach ihrer Ankunft auf der Erde miteinander über Peptidbindungen verknüpft werden müssten, um weitere Schritte in Richtung Leben gehen zu können. Da diese Verknüpfungen unter gewöhnlichen Ursuppen-Bedingungen stattfinden müssten, wäre man erneut bei den alten Problemen, die sich einer Lösung nach wie vor hartnäckig verweigern.

Fazit

Damit folgt auch die Arbeit von KRASNOKUTSKI et al. dem bisher gewohnten Muster im Bereich der Lebensursprungsforschung: Ergebnisse, die nicht einmal ansatzweise geeignet sind, als Indizien für mögliche „Schritte zum Leben“ zu gelten, werden trotz der bisher äußerst unbefriedigenden Resultate dennoch rhetorisch als signifikante Fortschritte dargestellt. Widersprüche und gravierende Mängel der jeweiligen Modelle werden dagegen kaum oder viel später thematisiert. Dagegen bezeugen auch die Ergebnisse des hier besprochenen Experiments, dass der Materie keinerlei Tendenz zur Selbstorganisation in Richtung Leben innewohnt.

Literatur

- GREAVES JS, RICHARDS AMS, BAINS W, RIMMER PB et al. (2020a) Phosphine gas in the cloud decks of Venus. *Nat. Astron.* 5, 655–664.
- GREAVES JS, RICHARDS AMS, BAINS W, & RIMMER PB (2020b) Re-analysis of Phosphine in Venus' Clouds. *arXiv* 2010.14305.
- HAROLD F (2014) In search of cell history: the evolution of life's building blocks. The university of chicago press, Chicago.
- HERBST E & VAN DISHOCK EF (2009) Complex Organic Interstellar Molecules. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 47, 427–480.
- HORGAN J (2000) An den Grenzen des Wissens – Siegeszug und Dilemma der Naturwissenschaften. Fischer.
- KRASNOKUTSKI SA, CHUANG K-J et al. (2022) A pathway to peptides in space through the condensation of atomic carbon. *Nat. Astron.* 6, 381–386.
- KRICHELDORF HR (2019) Leben durch chemische Evolution? Eine kritische Bestandsaufnahme von Experimenten und Hypothesen. Springer Spektrum, Berlin.
- PIZZARELLO S & CRONIN JR (1998) Alanine enantiomers in the Murchison meteorite. *Nature* 394, 236.
- PODBREGAR N (2022) Lebensbausteine aus dem Welt- raum, scinexx-Wissenschaftsmagazin, <https://www.scinexx.de/dossier/lebensbausteine-aus-dem-welt- raum/>
- SCHMIDTGALL B (2021) Leben auf der Venus – doch nur eine leere Sensationsmeldung? *Genesisnet*, https://www.genesisnet.info/schoepfung_evolution/n287.php.info.