



Amino Acids and the Asymmetry of Life

Das vorliegende Buch gehört zu der Buchreihe *Advances in Astrobiology and Biogeophysics*.

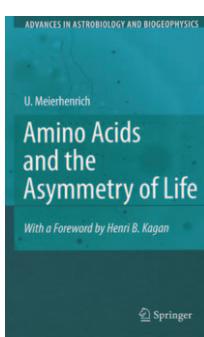
Der Autor beschäftigt sich vor allem mit dem Rätsel der Homochiralität natürlicher Aminosäuren und mit den Fragen, wie und wo in der Entstehung des Lebens die Entscheidung zugunsten von nur einem Enantiomer gefallen ist. Die Frage nach dem Ort schließt auch die Diskussion über in Meteoriten und Kometen nachgewiesene Aminosäuren und andere organische Verbindungen mit ein. Die Entdeckung, dass einige dieser Aminosäuren, besonders nicht-natürliche α -methylierte Spezies, einen deutlichen Enantiomerenüberschuss aufweisen, hat dazu geführt, dass extraterrestrische Quellen organischen Materials als Ursprung der Homochiralität diskutiert werden. Entsprechende Hypothesen wurden zudem durch die Beobachtung genährt, dass einfache Moleküle wie H_2O , NH_3 , CO_2 und CH_3OH unter Bestrahlung auf Eiskristallen oder Staubpartikeln zu organischen Verbindungen, einschließlich Aminosäuren, reagieren können. Dass derartige Reaktionen in großem Umfang auf Kometen ablaufen können, ist durchaus vorstellbar. Deshalb wäre es sehr vorteilhaft, einen Kometen direkt zu untersuchen, anstatt auf Meteoriten angewiesen zu sein, die oft zerstörtes und verunreinigtes organisches Material liefern. In diesem Zusammenhang beschreibt der Autor das Programm der 2004 gestarteten ROSETTA-Raumsonde der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) aus der Sicht eines Beteiligten. Besonders die Untersuchung der Atmosphäre (COSAC) des Kometen Tschurjumov-Gerasimenko, bei der durch enantioselektive Gaschromatographie und Massenspektrometrie die Enantiomerenüberschüsse von Aminosäuren und andere organische Verbindungen analysiert werden, wird detailliert erläutert. Die Vorstellung, nach der Probennahme, die an sich schon ein kompliziertes technisches Problem darstellt, auf der Kometenoberfläche in einer Kapsel unter extremen Bedingungen ohne Lösungsmittel zur Analyse geeignete, flüchtige Derivate erzeugen zu müssen, erscheint bedrückend. Die Aufgabe und die technischen Details werden kompetent und eindrucksvoll beschrieben. Die Möglichkeiten für chemische Experimente sind stark eingeschränkt. Als „einige“ chemische Reaktion kommt die Veresterung unter Verwendung von Dimethylformamid-Dimethylacetal (DMF-DMA) in Betracht. Wenn alles gut geht – beispielsweise müssen das Reagens DMF-DMA und die Beschichtungen der chiralen Trennsäulen die Reise unbeschadet überstehen –, werden diese Experimente 2014(!) stattfinden, nachdem der

Lander auf der Oberfläche des Kometenkerns erfolgreich aufgesetzt hat.

Der Autor schildert auch den aktuellen Stand – Raumfahrtprogramme sind bekannt für Veränderungen aufgrund von finanziellen und politischen Problemen – der Planungen für die ExoMars-Mission, deren Sonde 2013 starten soll. Das an Bord befindliche Analyselabor für organische Verbindungen soll auch in der Lage sein, Makromoleküle zu hydrolyseren. Aus früheren Viking-Experimenten hatte man geschlossen, dass in dem auf der Marsoberfläche gesammelten Material keine organischen Verbindungen vorkommen. Diese Behauptung wurde später heftig angefochten. Die geplante ExoMars-Mission soll nun mithilfe neuer, hoch entwickelter Technik, die in dem Buch detailliert beschrieben wird, dazu beitragen, diese Streitfrage zu lösen.

Die Informationen über die laufende ROSETTA-Mission und die geplante Marsmission sind Teil einer breiten Diskussion über die Entstehung von Aminosäuren und potenzielle Mechanismen der Anreicherung und Dominanz eines einzigen Enantiomers. Das Leben auf der Erde ist geprägt durch Homochiralität. Obgleich wir vermutlich niemals genau erfahren werden, wie das zustande kam, ist es doch wichtig, Mechanismen zu erforschen und zu verstehen, die zur natürlichen Homochiralität führen können und uns zeigen, dass die Homochiralität eine logische Konsequenz der Evolution ist. Bei der Entwicklung von Theorien über die natürliche Homochiralität muss offensichtlich extraterrestrisches Material in Betracht gezogen werden. Durch Erforschungen von Planeten und Kometen gewonnene künftige Informationen werden sehr hilfreich sein. Auf der Basis von Strukturen bereits isolierter organischer Verbindungen können interessante Vermutungen ange stellt werden. Beispielsweise könnten verschiedene Diaminosäuren (z.B. 2,3-Diaminopropansäure), die in Meteoriten entdeckt wurden, als Peptid-Rückgrat einer „Prä-RNA“ gedient haben. Diese Annahmen sind zwar sehr spekulativ, bieten jedoch reichlich Raum für interessante Diskussionen.

Das Buch enthält auch einen Überblick über die Chemie und Stereochemie der Aminosäuren. Nach einer Einführung in die Stereochemie folgt eine kurze Beschreibung der Funktionen von Aminosäuren in lebenden Organismen. Anschließend werden Theorien über den Ursprung der natürlichen Homochiralität vorgestellt. Die Kristallisation auf Mineralien, Effekte der schwachen Wechselwirkung, mögliche Einflüsse von Licht, anderen Strahlungsformen und chiralen Feldern werden eingehend erörtert. Eine Diskussion über die autokatalytische Verstärkung unter Berücksichtigung entsprechender mathematischer Aus drücke schließt das Buch ab.



Amino Acids and the Asymmetry of Life
Caught in the Act of Formation. Von Uwe Meierhenrich. Springer Verlag, Heidelberg 2008. 242 S., geb. € 69,95. – ISBN 978-3540768852

Viele Themen werden hier angesprochen, und die Ausführungen sind meistens informativ, aber nicht tiefgehend. Unter chemischen Aspekten sind die Ausführungen gelegentlich irreführend oder von fraglichem Wert. Drei Punkte, die mir besonders aufgefallen sind, möchte ich hier anführen: Erstens, die im letzten Kapitel vorgestellte Soai-Reaktion zeigt eindrucksvoll, wie autokatalytisch aus einem geringen Enantiomerenüberschuss ein nahezu enantiomerenreines Produkt entstehen kann. Der Mechanismus dieser Reaktion wurde von Blackmond und Brown aufgeklärt, deren Arbeit aber nicht zitiert wird. Zweitens wird die Geschichte der Entdeckung der chiralen Aspekte der schwachen Wechselwirkung zu ausführlich beschrieben. Der Beitrag zum Thema ist meines Erachtens gering. Drittens steht die ausgeprägte Aufmerksamkeit, die der Behauptung entgegengebracht wird, dass D- und L-Tyrosin von Natur aus verschiedene Löslichkeiten aufweisen, in keinem Verhältnis zu der, die der überzeugenden Widerlegung dieser Aussage geschenkt wird. Lahav et al. haben in Experimenten gezeigt, dass die beobachteten unterschiedlichen Löslichkeiten allein auf Verunreinigungen zurückzuführen sind. Ihre Beiträge zur kritischen Diskussion über dieses Thema und andere Fragen zur Chiralität verdienen in diesem Zusammenhang eine besondere Beachtung. Obwohl der Autor den oben genannten Beweis anerkennt, schlägt er schlussendlich vor, den Sachverhalt weiter zu untersuchen. Diese unglückliche Aussage könnte den Anschein erwecken, dass eine bestimmte Meinung gestützt werden soll, obwohl sie mit den Grundsätzen wissenschaftlicher Methoden nicht vereinbar ist.

Die Effekte von polarisiertem Licht und anderer polarisierter elektromagnetischer Strahlung auf Racemate sind gewöhnlich minimal und können kaum zuverlässig gemessen werden. Es wird angenommen, dass die Wirkungen der schwachen Wechselwirkung, wenn sie überhaupt messbar sind, ebenfalls sehr gering sind. Diese ganz realen Probleme bei der Beobachtung und Messung bieten leider hier und da einen Nährboden für reines Wunschdenken und unbestätigte Behauptungen. Der Autor geht detailliert auf einen Fall aus dem Jahr 1994 ein. Damals wurde publiziert, dass aus prochiralen Ketonen mithilfe eines Magnetfelds chirale Alkohole in einem sehr hohen Enantiomerenüberschuss erhalten wurden. Die Quelle der chiralen Induktion war nicht ersichtlich, und Versuche, die Ergebnisse zu reproduzieren, schlugen fehl. Diese Veröffentlichung erwies sich als Fälschung, musste zurückgezogen werden und erregte ein negatives Aufsehen. Weitere Fälle von Fehlin-

terpretationen, die aber keineswegs Betrugsversuche waren, in den folgenden Jahren waren nicht gerade hilfreich. Beispielsweise wurde berichtet, dass man nach dem Lösen einer chiralen Aminosäure, die in fester Phase nur einen sehr geringen Enantiomerenüberschuss aufwies, eine Lösung dieser Aminosäure mit hohem Enantiomerenüberschuss erhalten hat. Bei näherer Untersuchung stellte sich heraus, dass diese Veränderung eine logische Folge der eutektischen Zusammensetzung der Aminosäure und der Phasenregel ist. Konglomerate können bei der Kristallisation enantiomerenangereichertes oder -reines Material liefern. Dies ist kein wundersames Ereignis. Ein sehr großes Problem in jedem Experiment sind chirale Verunreinigungen. Obwohl Garantien, dass chirale Einflüsse nicht vorhanden waren, schnell gegeben werden, können sie nach einer eingehenden Prüfung oft nicht aufrechterhalten werden, wie der oben erwähnte Fall von der Löslichkeit von Tyrosin zeigt. Bei der Durchführung und der Interpretation von Versuchen ist höchste Vorsicht geboten. Starke Argumente sprechen sogar dafür, dass es unmöglich ist, auf der Erde ein Experiment in absoluter Abwesenheit von chiralen Verunreinigungen durchzuführen.

Man muss vorsichtig, aber gleichzeitig auch gegenüber allem Neuen aufgeschlossen sein. In *Physical Review Letters* (2008, 101, 178301) wird berichtet, dass spinpolarisierte Sekundärelektronen, die durch die Bestrahlung einer magnetischen Substanz erzeugt wurden, in Abhängigkeit von der Chiralität leicht messbare Unterschiede der Geschwindigkeit der C-O-Bindungsspaltung in an einer Eisen-Nickel-Legierung adsorbiertem (R)- oder (S)-Butanol bewirken. Diese Arbeit zeigt wiederum, dass, egal wie es zu erklären ist, signifikante Effekte in der „passenden“ Umgebung beobachtet werden können. Dies ist einer der Gründe, warum Weltraummissionen, wie die in diesem Buch so enthusiastisch beschriebenen, für die Informationsgewinnung wichtig sind.

Die redaktionelle Bearbeitung des Textes lässt zu wünschen übrig. Viele sprachliche Ungereimtheiten können für Verwirrung sorgen.

Dieses Buch ist eine ansprechende Einführung in zahlreiche Themen unter dem Aspekt Chiralität. Die Lektüre zeigt, dass viele dieser Themen sehr komplex sind und dass es immer notwendig ist, die Spreu vom Weizen zu trennen.

Richard M. Kellogg
Syncrom BV, Groningen (Niederlande)

DOI: 10.1002/ange.200900116