

Seltsam, im interstellaren Nebel zu forschen

Die Frage nach der Herkunft homochiraler Moleküle ist unter naturalistischen Prämissen unbeantwortet. Mittels Radioastronomie wurde jetzt erstmals die Existenz eines chiralen Moleküls im Weltraum wahrscheinlich gemacht (McGUIRE et al. 2016). Es handelt sich um Propylenoxid. Ob es als Racemat oder mit einem Enantiomerenüberschuss vorkommt, ist nicht bekannt. Die mittels Hypothesen von den Autoren vorgestellten Überlegungen über den Ursprung der Homochiralität werden analysiert und gezeigt, dass der Fund das Gegenteil der Schlussfolgerungen der Autoren nahelegt.

Peter Imming

Chiralität und Symmetrie

Chiralität ist ein Fachbegriff aus der Chemie. Übersetzt bedeutet er Händigkeit. Gemeint ist das Phänomen, dass manche Objekte nicht mit ihrem Spiegelbild identisch sind (vgl. Abb. 1). Das gilt in zwei Dimensionen beispielsweise für den Buchstaben „P“, wohingegen das „A“ mit seinem Spiegelbild deckungsgleich ist. In drei Dimensionen gilt das für Hände: Man kann sie aneinander legen, aber sie sind nicht deckungsgleich (kongruent). In drei Dimensionen gilt das auch für Moleküle, wenn sie asymmetrisch (Symmetriegruppe C_1 , s. u.) oder dissymmetrisch (Symmetriegruppen C_n und D_n) sind. Die Fachbegriffe des vorigen Satzes stammen aus der geometrischen Beschreibung von Objekten. Man betrachtet Objekte unter dem Aspekt, welche Symmetrieelemente sie aufweisen. Ein Symmetrieelement ist ein Punkt, eine Linie oder eine Ebene, an denen man eine Symmetrieoperation vollführt. Eine Symmetrieoperation ist eine „Bewegung“ (Drehung oder Spiegelung), die das Objekt in sich selbst überführt. Einfach gesagt, sieht das Objekt nach der Bewegung genauso aus wie davor. Je mehr Symmetrieoperationen man mit einem Objekt durchführen kann, desto symmetrischer ist es. Die höchste Symmetrie weist eine ideale Kugel auf, gefolgt von den sogenannten platonischen Körpern (reguläre Polyeder: Tetraeder, Würfel, Oktaeder, Pentagondodekaeder und Ikosaeder),

gefolgt von den halbregulären Polyedern (archimedischen und catalanischen Körpern). Am wenigsten symmetrisch sind Objekte, die man nur durch Komplettdrehung um 360° an einer Achse in sich selbst überführen kann. Das sind die genannten asymmetrischen Objekte. Sie gehören zur Symmetriegruppe C_1 . „Gruppe“ ist ein Begriff aus der Mathematik. Die Menge aller Kongruenzabbildungen, die ein Objekt auf sich selbst abbilden (das sind die Symmetrieoperationen), bildet eine Symmetriegruppe eines geometrischen Objektes. Jedes Objekt gehört zu einer Symmetriegruppe, zum Beispiel der genannten „ C_1 “, eine symbolische Abkürzung.

Viele Moleküle, die Lebewesen konstituieren, gehören zur Symmetriegruppe C_1 , sind also chiral. Das Faszinierende daran: Nur das eine der beiden möglichen Enantiomere kommt in der

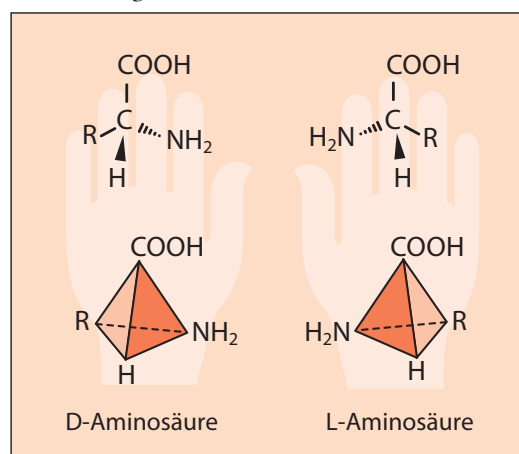


Abb. 1 D- und L-Aminosäure als Beispiel für Chiralität. Die beiden Formen sind spiegelbildlich zueinander. In Ursuppenexperimenten werden immer beide Formen zu gleichen Teilen gebildet (Racemate).



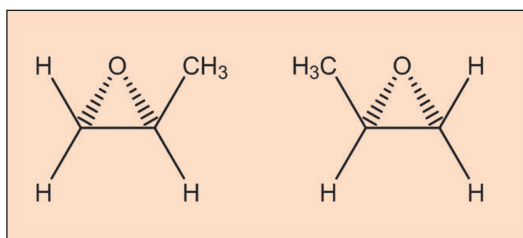
Abb. 2 In Richtung auf Sagittarius B2 (Sgr B2), einer gigantischen interstellaren Gas- und Staubwolke, wurde das chirale Molekül Propylenoxid (s. Abb. 3) entdeckt. (CC BY 3.0, ESO)

Natur bzw. in einem bestimmten physiologischen System vor. „Enantiomere“ ist das Fachwort für ein Paar von zwei Molekülen, die sich wie Bild und Spiegelbild zueinander verhalten (vgl. Abb. 1). Gleichheit der Enantiomere nennt man Homochiralität, *homo* (gleich) und *chiral* (händig). So sind bekanntlich Eiweiße aus L-Aminosäuren (Abb. 1), Kohlenhydrate aus D-Monosacchariden zusammengesetzt. L und D sind die Fischer-Deskriptoren, nomenklatorische Kürzel, die nach bestimmten Regeln vergeben werden und jedes Enantiomer eindeutig kennzeichnen. In seltenen Fällen gibt es auch D-Aminosäuren und L-Monosaccharide und dann in bestimmten anderen physiologischen Kontexten. Ihr Vorkommen lässt die Homochiralität für den Chemiker noch auffälliger erscheinen.

Homochiralität ist kein kleines Detail, sondern für Lebewesen materiell konstituierend.

Der Unterschied zwischen Objekt und Spiegelbild ist bei Molekülen fast nicht feststellbar, soweit es um ihren Energieinhalt geht. Der Unterschied ist hingegen sehr groß, wenn es um die Interaktion („Passfähigkeit“, Wechselwirkung) mit anderen chiralen Molekülen geht. Ein Mensch, der auf molekularer Ebene spiegelbildlich zu uns wäre, könnte nicht mit den Stoffen überleben, die wir unserem Körper zu seinem Aufbau und Erhalt zuführen. Die spiegelbildlichen Moleküle passen einfach nicht, so wie ein rechter Handschuh nicht auf eine linke Hand passt. Homochiralität ist also kein kleines Detail, sondern für Lebewesen materiell konstituierend.

Abb. 3 Die Enantiomere von Propylenoxid. Links S-Propylenoxid, rechts R-Propylenoxid. Die Moleküle sind spiegelbildlich zueinander, aber nicht identisch. S und R sind die Cahn-Ingold-Prelog-Deskriptoren, nomenklatorische Kürzel, die nach bestimmten Regeln vergeben werden und jedes Enantiomer eindeutig kennzeichnen. McGUIRE et al. (2016) wiesen Propylenoxid nach, ohne zu wissen, ob es sich – was am wahrscheinlichsten ist – um ein 1:1-Gemisch beider Enantiomere handelt, also um ein Racemat, oder ob eines der beiden im Überschuss vorhanden war.



Daher interessiert die Frage sehr, woher die Homochiralität der Biomoleküle kommt. Diese Frage ist bisher unbeantwortet, wenn sich die Antwort auf den Ursprung bewusst auf eine ungelentke mechanistische Kausalkette beschränken will. Ein solcher Mechanismus müsste den bekannten Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten des Verhaltens von Molekülen gehorchen. Würde die mechanistische Erklärung im Widerspruch zu belegten Mechanismen und Gesetzmäßigkeiten stehen, so wäre das nicht nur spekulativ, sondern käme einem Wunder gleich und würde somit David HUME (1711-1776) widersprechen, dem Philosophen des Vertrauens vieler nicht-theistisch argumentierender Personen. Für Naturalisten käme es einem Offenbarungseid gleich zuzugeben, dass sie Erklärungen vorschlagen und akzeptieren, die den Status übernatürlicher Eingriffe haben.

Derzeit hat man für den Ur-Sprung oder Ur-Weg von Biomolekülen und Zellen eben keine ateologische Beschreibung, wie beispielsweise der berühmte US-amerikanische Chemiker James M. TOUR in einem viel beachteten Vortrag im Jahr 2016 an der Universität Waterloo (Kanada) ausführte (TOUR 2016). Das heißt, es fehlt eine Beschreibung, die ohne Zielgerichtetheit auskommt. Eine solche Beschreibung müsste auch das „Detail“ der Entstehung der Homochiralität einschließen.

Propylenoxid im Sagittarius B2

Jetzt wurde wieder einmal ein Versuch veröffentlicht, Licht in den Dunst des Ursprungs zu bringen, indem man im interstellaren Nebel sucht (McGUIRE et al. 2016). Mittels Radioastronomie entdeckten die Autoren zum ersten Mal ein chirales Molekül im Weltraum. Es handelt sich um Propylenoxid (Abb. 3). Das Molekül wurde anhand von Daten identifiziert, die aus dem öffentlich zugänglichen „Prebiotic Interstellar Molecular Survey (PRIMOS)“ stammen, also der „Präbiotischen interstellaren Moleküle-Suche“,

die am Green Bank Telescope (GBT) angesiedelt ist. Dieses hochempfindliche Teleskop stellt hochaufgelöste Daten aus dem Frequenzkontinuum 1–50 GHz zur Verfügung und beobachtet in Richtung auf Sagittarius B2 (Sgr B2), einer gigantischen interstellaren Gas- und Staubwolke (Abb. 2). Das Vorhandensein von Propylenoxid wird aufgrund von Absorptionsübergängen postuliert, die sich laut der Analyse von MCGUIRE et al. (2016) aus dem Strahlungsuntergrund von Sgr B2 abheben. Bei Durchsicht von Katalogen mit Spektrallinien fanden sich keine anderen Moleküle, die Energieübergänge aufweisen, die zu einer Interferenz mit den Übergängen von Propylenoxid führen könnten. Die Sicherheit der Entdeckung von Propylenoxid bewerten die Autoren mit „strong evidence“, also „starke Hinweise“. Ein eigentlicher Beweis kann wegen der Komplexität der analysierten Strahlung und der Entfernung und Komplexität des Sagittarius-Nebels naturgemäß nicht geführt werden.

Was bedeutet der Fund für den Ursprung der Homochiralität?

Anregender als die Frage, wie sicher die Entdeckung von Propylenoxid im interstellaren Raum ist, sind die weiterführenden Überlegungen der Autoren. Sie mutmaßen, nun werde auch die Messung eventueller Enantiomerenüberschüsse chiraler Moleküle in astronomischen Objekten vorstellbar. Besonders relevant sei dies in Regionen, wo sich Planeten bilden, weil man herauszufinden möchte, wie sich Enantiomerenüberschüsse initial bilden können. Ein Enantiomerenüberschuss bezeichnet das ungleiche Verhältnis zweier spiegelbildlicher Moleküle, wie man es in den Baustoffen lebender Organismen in extremer Ausprägung vorfindet. Die Entstehung von Enantiomerenüberschüssen ist ja die Frage, vor der MCGUIRE et al. (2016) und die gesamte Wissenschaftsgemeinde steht. In Lebewesen beträgt der Überschuss 100%. Es ist aufschlussreich, die Argumentation von MCGUIRE et al. (2016) zu analysieren. Beobachtet wurde das vermutliche Vorhandensein eines chiralen Moleküls. Dafür hätte man nicht so weit ins Weltall gehen müssen. Der Grund, in so großer Entfernung zu suchen, liegt in einer Häufung von passend formulierten Zusatzhypothesen.

Hypothese 1: Das Propylenoxid oder ein anderes, noch zu entdeckendes chirales Molekül liege im interstellaren Staub mit einem Enantiomerenüberschuss vor.

Hypothese 2: Das schiefe Vorhandensein eines solchen hypothetischen Enantiomerenüberschusses erlaube einen Einblick in die Entstehung von Homochiralität überhaupt.

Hypothese 3: Die Entstehung eines Enan-

Aus einem Befund – kein Enantiomerenüberschuss, keine Homochiralität – wird genau das Gegenteil des Befunds suggeriert.

tiomerenüberschusses bei einem abiotischen Molekül wie Propylenoxid erkläre das Entstehen der Homochiralität terrestrischer Biomoleküle.

Mit dem Satz „some meteorites show an excess of one type [of enantiomer]“ („auf einigen Meteoriten besteht ein Überschuss eines Typs [Enantiomer]“) wird letzterer Schritt als möglich hingestellt. Dass es mit dem Überschuss von Enantiomeren auf Meteoriten jedoch nicht weit her ist und man daraus keine Erkenntnisse über die Entstehung von Homochiralität auf der Erde ableiten kann, wurde nicht nur in dieser Zeitschrift detailliert dargelegt (IMMING 2012 und 2013; siehe z. B. auch LAL 2008). Genau genommen wird hier also aus einem Befund – kein Enantiomerenüberschuss, keine Homochiralität – genau das Gegenteil des Befunds suggeriert – unter Zuhilfenahme der genannten unbewiesenen drei Hypothesen, die man englisch auch als „just-so stories“ bezeichnet. Wenn jedoch mit dem Hinweis auf Meteoriten gemeint sein sollte, dass auf der frühen präbiotischen Erde Verhältnisse herrschten, die denen im interstellaren Raum oder auf einem Meteorit ähnelten, so muss daran erinnert werden, dass hypothetische kleine Enantiomerenüberschüsse unter genau solchen Bedingungen schneller zerstört als gebildet werden.

James TOUR spricht in seinem erwähnten Vortrag (TOUR 2016) von „des Kaisers neuen Kleidern“, um pointiert zu illustrieren, wie die Faktenlage bei der Frage nach der ursprünglichen Entstehung von Zellen und der dafür benötigten Moleküle ist. Der Kaiser hat keine Kleider, aber – so TOUR – niemand soll es laut sagen.

Der Artikel von MCGUIRE et al. (2016) ändert an dieser Faktenlage nichts, sondern bestätigt sie.

Literatur

- IMMING P (2012) Auf der Suche nach dem „Spiegel der Weisen“. Stud. Integr. J. 19, 84–92.
- IMMING P (2013) Weitere Informationen zum „Spiegel der Weisen“. Stud. Integr. J. 20, 50–51.
- LAL AK (2008) Origin of Life. Astrophysics and Space Science 317, 267–278.
- MCGUIRE BA, CARROLL PB, LOOMIS RA, FINNERAN IA, JEWELL PR, REMIJAN AJ & BLAKE GA (2016) Discovery of the interstellar chiral molecule propylene oxide ($\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{O}$). Science 352, 1149–1152.
- TOUR JM (2016) The origin of life: an inside story. Vortrag an der Universität Waterloo (Kanada), gehalten am 03.03.2016. <https://uwaterloo.ca/pascal-lectures/2016-pascal-lectures-videos> und https://www.youtube.com/watch?v=_zQXgJ-dXM4.