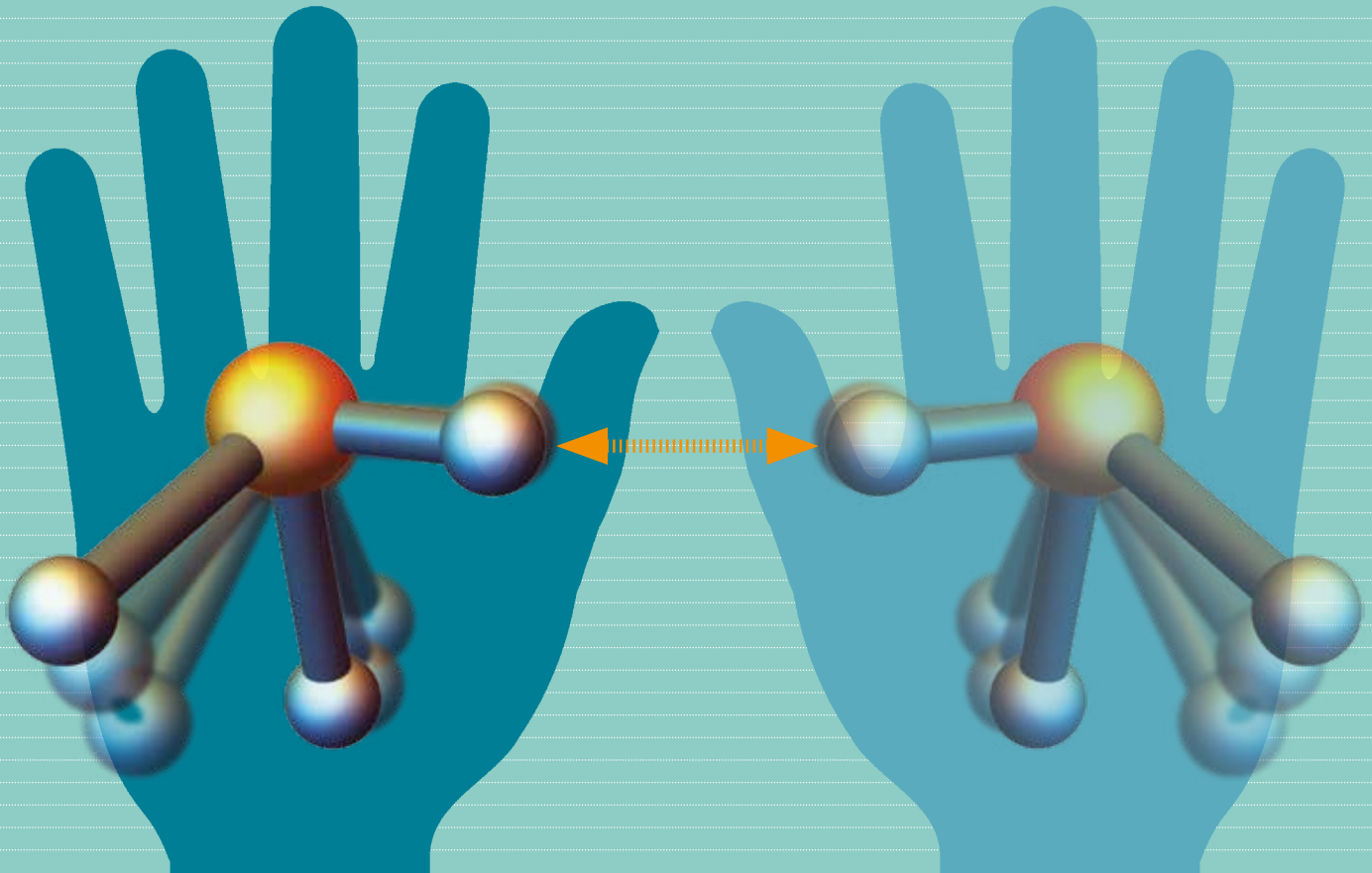


Die **seltsame** Welt der Spiegel­moleküle



Als chiral werden Moleküle bezeichnet, die wie die rechte und die linke Hand in zwei spiegelbildlichen Formen existieren. Der Begriff Chiralität (Händigkeit) ist abgeleitet vom altgriechischen Wortstamm χείρ~ (cheir-) für „hand-“.

Zur Untersuchung des Phänomens der sogenannten molekularen Händigkeit in der Natur haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine neue Methode entwickelt, um maßgeschneiderte Spiegel­moleküle herzustellen. Die vorgeschlagene Technik kann normale Moleküle so schnell drehen lassen, dass diese ihre normale Symmetrie und Form verlieren und dabei zwei gespiegelte Varianten voneinander bilden. Ein Forscherteam von DESY, der Universität Hamburg und dem University College London um Gruppenleiter Jochen Küpper hat das innovative Verfahren entwickelt. Die Erforschung der Händigkeit, auch Chiralität genannt, führt nicht nur zu einem noch besseren Verständnis der Natur, sondern kann auch neuartigen Materialien und Methoden den Weg ebnet.

Viele Moleküle existieren in zwei Versionen, die Spiegel­bilder voneinander sind. „Aus unbekann­ten Gründen bevorzugt das Leben, wie wir es auf der Erde kennen, fast ausschließlich linkshändige Proteine, während die berühmte Doppelhelix des Erbguts rechtsherum gewunden ist“, erläutert Andrey Yachmenev, der diese theoretische Studie in Küppers Gruppe am Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) geleitet hat. „Seit mehr als einem Jahrhundert enträtseln Forscher Stück für Stück die Geheimnisse dieser Händigkeit in der Natur, die nicht nur die belebte Welt betrifft: Spiegelversionen mancher Moleküle können auch chemische Reaktionen oder Materialeigenschaften verändern.“ So gibt die rechtsdrehende Form der organischen Verbindung Carvon dem Kümmel seinen charakteristischen Geschmack, die linksdrehende Form dagegen der Minze.

Rotierende Moleküle

Die Händigkeit tritt nur in einigen Molekülarten natürlich auf. „Sie lässt sich jedoch künstlich in sogenannten kreiselsymmetrischen Molekülen induzieren“, sagt Ko-Autor Alec Owens vom Center for Ultrafast Imaging (CUI). „Lässt man diese Moleküle schnell genug rotieren, verlieren sie ihre Symmetrie und bilden je nach Drehrichtung eine von zwei Spiegelformen. Über dieses Phänomen der Rotationschiralität ist bisher nur sehr wenig bekannt, da es kaum experimentell umsetzbare Verfahren gibt, sie zu erzeugen.“

Küppers Team hat nun rechnerisch einen Weg gefunden, diese rotationsinduzierte Chiralität mit realistischen Parametern im Labor zu erzeugen. Dabei kommen kornenzieherförmige Laserpulse zum Einsatz, die als optische Zentrifugen fungieren. Am Beispiel von Phosphin zeigen die quantenmechanischen Berechnungen, dass bei Drehraten von einigen Billionen Mal pro Sekunde diejenige Phosphor-Wasserstoff-Bindung, um die sich das Molekül dreht, kürzer wird als die beiden anderen Bindungen. Je nach Drehrichtung entstehen dabei zwei chirale Formen von Phosphin, sogenannte Enantiomere. „Mit einem starken statischen elektrischen Feld kann die links- oder rechtshändige Version des rotierenden Phosphins ausgewählt werden“, erläutert Yachmenev.

Diese Methode verspricht einen völlig neuen Weg in die Spiegelwelt, da sie im Prinzip auch mit anderen, schwereren Molekülen funktionieren würde. Um bei diesen eine Rotationschiralität zu induzieren, würden sogar schwächere Laserpulse und schwächere elektrische Felder genügen. Für

die erste Phase der Studie wählten die Forscher Phosphin, weil schwerere Moleküle zunächst noch zu komplex für die exakten quantenmechanischen Berechnungen waren. Da Phosphin sehr giftig ist, würden solche schwereren und auch langsameren Moleküle für Experimente jedoch bevorzugt werden.

Das vorgeschlagene Verfahren könnte maßgeschneiderte Spiegelmoleküle liefern. Die Untersuchung ihrer Wechselwirkungen mit der Umwelt, zum Beispiel mit polarisiertem Licht, kann helfen, die Geheimnisse der Händigkeit in der Natur weiter zu lüften und mögliche Anwendungen zu erforschen, wie Küpper betont, der auch Professor für Physik und Chemie an der Universität Hamburg ist: „Die so ermöglichte genauere Erforschung der Händigkeit kann zur Entwicklung maßgeschneiderter chiraler Moleküle und Materialien, zu neuen Materiezuständen und zu einer möglichen Nutzung der rotationsinduzierten Chiralität in neuartigen Metamaterialien oder optischen Geräten beitragen.“

Physical Review Letters, 2018;
DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.193201

„Aus unbekanntem Gründen bevorzugt das Leben, wie wir es auf der Erde kennen, fast ausschließlich linkshändige Proteine“

Andrey Yachmenev, CFEL

