

Presse-Information

Herausgeber:
Hochschulkommunikation
Redaktion: Martin Schäfer
Tel. 06421 28-26582
Fax 06421 28-28903
E-Mail: pressestelle@uni-marburg.de

Marburg, 19. Mai 2025

Wie Licht den Takt angibt oder Vögeln den Weg weist: Forschende entschlüsseln Mechanismus eines „tierischen“ Cryptochroms

Internationale Studie zeigt, wie lichtempfindliche Proteine den biologischen Rhythmus steuern

Ob Mensch, Tier oder Alge – alle Lebewesen folgen einem inneren Takt, der sich am Licht orientiert. Wie genau bestimmte Eiweiße diesen Tag-Nacht-Rhythmus steuern, war bisher nicht vollständig geklärt. Ein internationales Forschungsteam unter der Leitung von Professor Dr. Lars-Oliver Essen von der Philipps-Universität Marburg und mit Beteiligung der National Taiwan University (NTU) hat nun erstmals entschlüsselt, wie sogenannte Cryptochrome Licht wahrnehmen und in ein chemisches Signal umwandeln. Damit liefern sie einen wichtigen Baustein zum Verständnis der biologischen Uhr. Die Ergebnisse wurden im Fachmagazin Science Advances veröffentlicht.

Cryptochrome sind Photorezeptoren, die in Pflanzen, Tieren und anderen Organismen den Tagesrhythmus sowie andere lichtabhängige Prozesse regulieren. Sie nutzen Lichtenergie, um chemische Reaktionen anzustoßen, die Stoffwechselprozesse im Zellinneren auslösen. „Bisher war unklar, wie Cryptochrome die Energie des Lichts in strukturelle Veränderungen umsetzen, die Signale auslösen“, erklärt Lars-Oliver Essen, einer der Hauptautoren der Studie. „Unsere Arbeit zeigt nun erstmals, wie drei molekulare Bereiche zusammenwirken, um diesen Prozess zu steuern.“

Licht verändert Proteinstruktur

Mit Hilfe der seriellen Femtosekunden-Kristallographie (SFX) erstellte das Team 19 hochauflösende Schnappschüsse, die die Dynamik von CraCRY zwischen zehn Nanosekunden und 233 Millisekunden nach Lichteinfall abbilden. Diese zeigen als Film zusammengesetzt, wie Licht die Bildung eines Radikalpaares mit weit auseinanderstehenden, ungepaarten Elektronen auslöst, das drei Prozesse in Gang setzt: Stabilisierung des Radikalpaares, Neutralisierung des Flavin-Chromophors (FAD) durch Protoneneinfang und Auslösen eines Signalzustands durch das Auseinanderfallen einer langen Helix am Endbereich des Proteins. „Wir sehen zum ersten Mal, wie Licht die Struktur eines Cryptochroms vom tierischen Typus verändert, um Signale zu erzeugen“, sagt Dr. Manuel Maestre-Reyna, Erstautor der Studie und Professor an der Nationalen Taiwanesischen Universität in Taiwan.

Die Studie hebt zwei zentrale Mechanismen hervor: Den sogenannten „N395/FAD-Schalter“, der eine kurzzeitige Protonierungsroute (TPP) aktiviert, um das Flavin-Molekül zu protonieren und das Radikalpaar zu stabilisieren, sowie den „D321/Y373-Schalter“, der durch

Protonentransfer die entstehende Helix destabilisiert und so den Signalzustand einleitet. „Diese Prozesse könnten zum Beispiel erklären, wie Cryptochrome in Vögeln Magnetfelder für die Navigation nutzen“, betont Essen. Die Protonierung des Flavins innerhalb von Mikrosekunden passt zu dem Zeitrahmen, der für die Magnetorezeption in Vögeln erforderlich ist, bei der magnetische Felder die Signalbildung beeinflussen.

Ideen für die Erforschung des Tagesrhythmus von Organismen

Die Ergebnisse haben weitreichende Bedeutung: Sie liefern nicht nur Einblicke in die Funktionsweise von Cryptochromen, sondern könnten auch die Forschung zu tagesrhythmusgesteuerten Krankheiten oder magnetischen Orientierungssystemen vorantreiben. „Unsere molekularen Filme zeigen, wie Licht, Protonentransfer und strukturelle Veränderungen zusammenspielen“, erklärt Essen. „Das ist ein Meilenstein für das Verständnis lichtgesteuerter Prozesse in der Natur.“

Die Forschung wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie Förderorganisationen aus Taiwan, Japan und den USA unterstützt. Neben Essens Team in Marburg waren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Hamburg, Italien, Frankreich, Japan, den USA und der Schweiz beteiligt. Die Studie nutzte hochmoderne Röntgen Freie-Elektronen Laser (XFEL), die nur an wenigen Standorten weltweit verfügbar sind.

Originalpublikation / DOI: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adu7247>

Bildtext: Messalltag des internationalen Forschungsteams am Röntgen-Freie Elektronenlaser SACLA in Japan. Lichtgeschützt unter einem schwarzen Überwurf richtet das Vorbereitungsteam das lichtempfindliche Protein für die Messungen her. Foto: Dr. Po-Hsun Wang

Bild zum Download:

https://www.uni-marburg.de/de/aktuelles/news/2025/s_29859843_0.jpg

Bildtext: Kontrollmonitore erlauben dem internationalen Forschungsteam detaillierte Einblicke in den Verlauf des Experiments. Foto: Dr. Po-Hsun Wang

Bild zum Download:

https://www.uni-marburg.de/de/aktuelles/news/2025/s_29859845_0.jpg

Bildtext: Struktur des Cryptochroms CrCRY, dessen strukturelle Veränderungen nach Belichtung mit einem blauen Laserblitz zeitaufgelöst an SACLA aufgenommen worden sind. Bild: Dr. Po-Hsun Wang

Bild zum Download:

<https://www.uni-marburg.de/de/aktuelles/news/2025/cracy2.png>

Ansprechperson:

Prof. Dr. Lars-Oliver Essen

Fachbereich Chemie
Philipps-Universität Marburg
Tel.: 06421 28-22032
E-Mail: essen@uni-marburg.de