



RESEARCH PROJECT

“On light’s trace”

THOMAS TREPL

Elite Graduate Program “Biological Physics”

University of Bayreuth, 2026

Quantenmechanik in der Photosynthese

Thomas Trepl ist Mitglied des Elitestudienprogramms “Biological Physics“ an der Universität Bayreuth. Dort untersuchen er und Ingo Schelter mithilfe von großskaligen Computersimulationen die Absorption von Licht und die anschließende Ausbreitung der Anregungsenergie im Antennenkomplex von Purpurbakterien.

Photosynthese von Purpurbakterien

Photosynthese ist der Prozess innerhalb verschiedener Organismen, bei dem Sonnenlicht absorbiert und dessen Energie in chemische Form umgewandelt wird. Diese Energie wird so nicht nur für diese Organismen nutzbar gemacht, sondern bildet über die Nahrungskette die Grundlage für den Großteil des Lebens auf der Erde.

Purpurbakterien sind ein interessanter Vertreter photosynthetischer Organismen. Sie leben in Biotopen mit sehr geringer Lichtintensität und haben sich deshalb darauf spezialisiert, jedes Quäntchen Licht für die Photosynthese zu nutzen. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer hohen Quanteneffizienz. Diese Eigenschaft macht sie zu einem interessanten Forschungsobjekt. Ziel hierbei ist es, die zugrundeliegenden Mechanismen zu verstehen und gegebenenfalls zu nutzen.

Die Absorption von Licht

Der erste Schritt in der Photosynthese ist die Absorption von Licht. In Purpurbakterien erledigen diese Aufgabe v.a. ringförmige Proteinstrukturen mit einem Durchmesser von ca. 7 Nanometern. Diese Strukturen werden wegen ihrer Funktion auch als Antennenkomplexe bezeichnet. Den aktiven Teil dieser Komplexe bilden lichtaktive Moleküle, sog. Bakteriochlorophylle, die wiederum in den Komplex eingebettet sind. Diese bilden als sog. B850 Ring eine schaufelradähnliche Struktur innerhalb des Proteingerüsts (s. Bild). Die Besonderheit dieser Struktur ist, dass die einzelnen Bakteriochlorophylle sich so nahe sind, dass man sie nicht mehr als einzelne Moleküle, sondern nur noch im Ganzen beschreiben kann. Licht wird dementsprechend nicht von einem einzigen Bakteriochlorophyll, sondern vom gesamten B850 Ring absorbiert.

Die Rolle der Quanten(de-)kohärenz

Im Anschluss an die Absorption muss die entstandene Anregungsenergie zu einem Reaktionszentrum in einem anderen Komplex transportiert werden. Zunächst bewegt sich diese aber innerhalb des B850 Rings auf einer Zeitskala von ca. 100 Femtosekunden sehr rasant. Aufgrund der kurzen Abstände zwischen den Bakteriochlorophyllen und der damit verbundenen starken Kopplung untereinander wurde lange diskutiert, inwiefern quantenmechanische Effekte, sog. Quantenkohärenzen, den Energietransfer beeinflussen und gegebenenfalls unterstützen.

Dabei spielt es eine große Rolle, dass sich das Proteingerüst und die Bakteriochlorophylle bei physiologischen Temperaturen bewegen, was wiederum die Quantenkohärenz der Elektronen stört.

Mithilfe von High-Performance Großrechnern und einem modernen Simulationscode war es jetzt möglich, die gekoppelte Dynamik von Elektronen und Kernen des B850 Rings im Ganzen zu simulieren. Dabei zeigte sich, dass die Kerndynamik die Elektronen bereits nach wenigen zehn Femtosekunden maßgeblich beeinflusst. Insbesondere führt sie dazu, dass die Anregungsenergie sich stärker auf kleineren Gruppen von Bakteriochlorophyllen konzentriert. Außerdem war es möglich, den Effekt der Quantendekohärenz sichtbar zu machen.

More on the Elite Graduate Program:

 [***Elite Network: Elite Graduate Programs***](#)

 [***Biological Physics***](#)